

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

**RAZVOJ GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA S PRIMJENOM ZA
RUDARSKO GEOTEHNIČKE ZAHVATE**

Diplomski rad

Iva Jagić

R 69

Zagreb, 2015.

RAZVOJ GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA S PRIMJENOM ZA RUDARSKO GEOTEHNIČKE ZAHVATE

IVA JAGIĆ

Diplomski rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

U radu je prikazan razvoj geoprostorne baze podataka primjenjive u svrhu geotehničkih radova u rudarskoj djelatnosti. Navedena baza podataka namijenjena je za unos i prikaz kako osnovnih tako i izvedenih podataka proizašlih iz raznih ispitivanja, stoga je naglasak na prikazu sadržajnog koncepta, odnosno određivanju podataka koji bi zadovoljili glavnu svrhu geoprostorne baze podataka. Podaci su svrstani po grupama, grupe po glavnim tematskim cjelinama te su prikazani na temelju navedenih teorijskih osnova za modeliranje baze podataka u obliku relacijskog modela. Primjena navedene geoprostorne baze prikazana je na primjeru eksploatacijskog polja “Sv. Juraj – Sv. Kajo” zbog potrebe kontinuiranog praćenja procesa otkopavanja.

Ključne riječi: geoprostorna baza podataka, rudarstvo, geotehnički radovi, struktura podataka, modeliranje podataka

Diplomski rad sadrži: 53 stranica, 13 tablica, 15 slika, 11 priloga i 27 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Petar Hrženjak, docent RGNF
Pomoć pri izradi: Dr. sc. Dario Perković, docent RGNF
Ocjenjivači: Dr. sc. Petar Hrženjak, docent RGNF
Dr. Sc. Dario Perković, docent RGNF
Dr. sc. Trpimir Kujundžić, izvanredni profesor RGNF

Datum obrane: 17. rujna 2015.

DEVELOPMENT OF GEOSPATIAL DATABASE WITH
MINING GEOTECHNICAL PROJECTS APPLICATION

IVA JAGIĆ

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Abstract

The thesis explains the development of geospatial database applicable to geotechnical works in the mining industry. The specified database is designed for entry and presentation of basic and derived data gained from different tests. Therefore, the emphasis is on the representation of contents and the determination of the data that would fulfill the main purpose of geospatial database. The data is divided into groups, groups into main topical units and they are presented as a relation model based on the theoretical foundations for database modelling. The application of the aforementioned geospatial database is presented on the basis of the “Sv. Juraj – Sv. Kajo” exploitation field operation, due to the need for continuous excavation process monitoring.

Keywords: geospatial database, mining, geotechnical works, data structures, data modelling

Thesis contains: 53 pages, 13 tables, 15 figures, 11 appendices i 27 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited at: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Petar Hrženjak, PhD, Assistant Professor
Technical support and assistance: Dario Perković, PhD, Assistant Professor

Reviewers: Petar Hrženjak, PhD, Assistant Professor
Dario Perković, PhD, Assistant Professor
Trpimir Kujundžić, PhD, Associate Professor

Date of defense: September 17, 2015

SADRŽAJ

POPIS TABLICA	III
POPIS SLIKA	IV
POPIS PRILOGA	V
1. UVOD.....	1
2. BAZE PODATAKA.....	2
2.1. Osnovna načela baza podataka	2
2.2. Modeli baza podataka	4
2.3. Geoprostorne baze podataka	7
2.3.1. Geoprostorni podaci	9
2.3.2. Upravljanje geoprostornim podacima	11
2.4. Modeliranje podataka	13
2.4.1. Konceptualno modeliranje.....	14
2.4.2. Logičko modeliranje.....	15
3. DOSADAŠNJI RADOVI NA RAZVOJU GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA S PRIMJENOM U RUDARSTVU	16
4. STRUKTURA PODATAKA U GEOPROSTORNOJ BAZI PODATAKA	18
4.1. Vrste podataka	19
4.2. Struktura podataka	21
4.2.1. Opći podaci.....	22
4.2.2. Geometrijski podaci.....	23
4.2.3. Lokacija zahvata	25
4.2.4. Istražni radovi	26
4.2.5. Svojstva materijala	29
4.2.6. Strukturne značajke	32
4.2.7. Geotehnički model.....	34
4.2.8. Eksploatacijski radovi	37

4.3. Relacije između podataka	40
5. IMPLEMENTACIJA MODELA ZA POVRŠINSKI KOP	
“SV. JURAJ – SV. KAJO“	42
5.1. Eksploatacija mineralne sirovine na površinskom kopu.....	43
5.2. Geološke, inženjerskogeološke i hidrogeološke značajke ležišta.....	44
5.3. Tehnologija otkopavanja mineralne sirovine.....	47
5.4. Razvoj geoprostorne baze podataka za eksploatacijsko polje	
“Sv. Juraj – Sv. Kajo“	49
6. ZAKLJUČAK.....	50
7. LITERATURA	51
PRILOZI	

POPIS TABLICA

Tablica 4-1. Grupe općih podataka.....	22
Tablica 4-2. Geometrijske grupe podataka.....	24
Tablica 4-3. Grupe podataka o lokaciji zahvata	26
Tablica 4-4. Grupe podataka istražnih radova.....	29
Tablica 4-5. Grupe podataka o materijalima i laboratorijskih analiza	30
Tablica 4-6. Grupe podataka za opis stijenskog materijala	31
Tablica 4-7. Grupe podataka za opis materijala tla	32
Tablica 4-8. Grupe podataka strukturnih elemenata.....	33
Tablica 4-9. Grupe podataka za opis diskontinuiteta	34
Tablica 4-10. Grupe podataka za opis geotehničkih modela.....	36
Tablica 4-11. Grupe podataka projektiranih vrijednosti etaža i etažnih kosina	40
Tablica 4-12. Grupe podataka za opis procesa otkopavanja miniranjem	40
Tablica 4-13. Grupe podataka za praćenje procesa miniranja.....	40

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Troslojna arhitektura baze (Abiteboul et al., 1995)	3
Slika 2-2. Razvoj modela baza podataka (Galić, 2006)	4
Slika 2-3. Razmjenski format (Galić, 2006).....	7
Slika 2-4. Prikaz sustava za upravljanje geoprostornim podacima (Galić, 2006).....	8
Slika 2-5. Složenost geoprostornih podataka (Matijević, 2004)	9
Slika 2-6. Temeljni geometrijski oblici: točka, linija i poligon (Galić, 2006)	10
Slika 2-7. Razine geoprostorne baze podataka (Zeiler & Murphy, 2010).....	11
Slika 2-8. Prikaz razina modeliranja podataka (Matijević, 2004)	13
Slika 3-1. Geoinformacijski sustav mineralnih sirovina RH (Hasan et al., 2008)	17
Slika 4-1. Geometrijski oblici prema prostornom rasprostiranju (Matijević, 2004)	20
Slika 5-1. Satelitski snimak površinskog kopa “Sv. Juraj – Sv. Kajo“ (Google Earth, 2015)	42
Slika 5-2. Otkopno polje „Sv. Juraj“	43
Slika 5-3. Otkopno polje „Sv. Kajo“	44
Slika 5-4. Isječak OGK, List Split s ucrtanom pozicijom eksploatacijskog polja “Sv. Juraj – Sv. Kajo“ (Pencinger et al., 2009)	45
Slika 5-5. Otkopavanje mineralne sirovine	48

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Implementacijski model općih podataka

Prilog 2. Implementacijski model geometrijskih podataka

Prilog 3. Implementacijski model podataka o lokaciji zahvata

Prilog 4. Implementacijski model istražnih radova

Prilog 5. Implementacijski model materijala i laboratorijskih analiza

Prilog 6. Implementacijski model podataka za opis stijenskog materijala

Prilog 7. Implementacijski model podataka za opis tla

Prilog 8. Implementacijski model strukturnih elemenata

Prilog 9. Implementacijski model geotehničkih modela

Prilog 10. Implementacijski model projektiranih etaža i etažnih kosina

Prilog 11. Implementacijski model podataka otkopavanja i monitoringa

1. UVOD

Zbog složenosti geoloških uvjeta s kojima se često suočava rudarska djelatnost ponekad je potrebno uvesti dodatne mjere kojima bi se omogućio lakši pristup podacima, praćenje i sagledavanje situacije u cjelini. Geoprostorna baza podataka predstavlja idealan alat koji zadovoljava sve navedene zahtjeve te uspješno objedinjuje geoprostorne elemente sa svojstvenim opisnim značajkama. U radu je prikazan početak razvoja geoprostorne baze podataka namijenjene za prikupljanje podataka vezanih uz određivanje geotehničkih uvjeta na jednoj mikrolokaciji, točnije za jedno istražno ili eksploatacijsko polje, pri čemu je glavni naglasak na unosu i prikazu osnovnih, tj. “sirovih” podataka. Cilj rada je razraditi sadržajni koncept baze podataka te ih prikazati pomoću modela podataka.

Kao teorijska osnova za formiranje modela baze podataka navedena su glavna obilježja svih baza podataka, vrste baza prema njihovom načinu strukturiranja i upravljanju podacima te značajke geoprostornih baza podataka. Za modeliranje podataka navedeni su glavni dijagrami pomoću kojih se modeliraju podaci ovisno o razinama promatranja podataka.

U radu su prikazani dosadašnji radovi na razvoju i modeliranju geoprostornih baza podataka u kojima je jedan od aspekata namijenjen rudarskim radovima. Značajka svih dosadašnjih radova je da su razvijani s primarnom svrhom za kartografski prikaz sadržajnih elemenata te ne sadrže osnovne podatke kojima su izvedene pojedine veličine.

Struktura geoprostorne baze podataka konceptualno je razrađena na tematske cjeline i grupe podataka koji pripadaju pojedinoj cjelini te su grafički prikazani pomoću implementacijskih modela. Prema vrstama podataka baza je namijenjena za unos opisnih podataka, ali i prostornih koji sadrže geometrijsku sastavnicu vezanu uz određeni prostor, zbog čega se navedena baza podataka definira kao geoprostorna.

Dijelovi predstavljenog modela podataka implementirani su za potrebe površinskog kopa “Sv. Juraj – Sv. Kajo” zbog specifične složenosti geološke građe, inženjerskogeoloških i hidrogeoloških uvjeta koji vladaju na kopu, a koji direktno utječu na daljnji razvoj kopa kao i na tehnologiju otkopavanja mineralne sirovine.

2. BAZE PODATAKA

U današnje vrijeme sve je više prisutna stalna potreba za brzim i točnim dolaskom do određenih informacija. Velike rudarske i naftne tvrtke raspolažu sa sve većom količinom informacija potrebnih za upravljanje i postizanje određenog cilja, pri čemu informacije predstavljaju podlogu za donošenje određenih odluka u istraživanju, eksploataciji i proizvodnji, ali i sveukupnom upravljanju resursima. U svrhu prikupljanja, obrade, pohranjivanja i pružanja informacija služe informacijski sustavi. Temelj svakog informacijskog sustava čini baza podataka u kojoj se informacije materijaliziraju u obliku podataka, organiziraju po unaprijed određenim modelima podataka tvoreći tako uređeni skup međusobno povezanih podataka određenog tematikom informacijskog sustava (Varga, 1994).

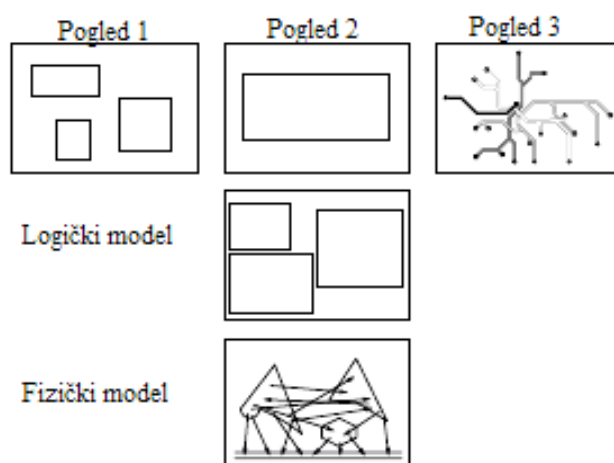
Baza podataka može se definirati na nekoliko načina: kao model podataka poslovnog sustava odnosno segmenta stvarnog svijeta, prema Date (1990) kao skup operativnih i integriranih podataka obrađivanih u jednoj organizaciji i prema Martin (1977) kao skup međusobno povezanih ovisnih podataka, spremljenih bez redundancije, koji služe jednoj ili više aplikacija na optimalan način, gdje su podaci neovisni od programa kojima se obrađuju i gdje postoji kontrolirani pristup do podataka (Varga, 1994).

2.1. Osnovna načela baza podataka

Baze podataka započinju kao popis u programu za obradu riječi ili u jednostavnoj proračunskoj tablici pohranjeni datotečnim sustavom (eng. *File System*). Osnovni nedostaci pri takvom organiziranju veće količine podataka se očituju u redundanciji i nepostojanosti podataka, nemogućnosti pristupa podacima od strane više korisnika, gubitku podataka, povredi integriteta podataka i sigurnosti. Prema tome, kada se govori o suvremenim bazama podataka, danas se prvenstveno misli na složenije baze podataka nastale korištenjem sustava za upravljanje podacima (eng. *Data Base Management System*, DBMS). Sustav za upravljanje bazama podataka je programski sustav koji omogućuje osnovne funkcije za definiranje baze podataka, manipulaciju podacima te upravljačke funkcije. Funkcije za kreiranje i za manipulaciju podataka u bazi ostvaruju se programskim jezicima, dok se upravljačke funkcije odnose na sigurnost baze od neovlaštenog korištenja, očuvanja integriteta podataka i funkcije statističkog praćenja rada baze (Varga, 1994).

Galić (2006) definira sustav za upravljanje podacima kao računalnu implementaciju modela podataka. Osnovne značajke svakog sustava su postojanost i transakcija. Postojanost je ostvarena mehanizmima za pristup očuvanom stanju u ranijem vremenskom trenutku ili za obnovu baze nakon rušenja. Transakcijom se omogućava prijelaz baze iz jednog stanja u drugo uz zadovoljavanje uvjeta integriteta. Funkcije sustava se očituju u specifikaciji modela, pohranjivanju modela, pohranjivanju podataka, pristupu korisnika specifikaciji modela, pristupu i promjeni podataka jezikom za upravljanje podacima, definiranju logičkih uvjeta integriteta podataka te zaštiti podataka.

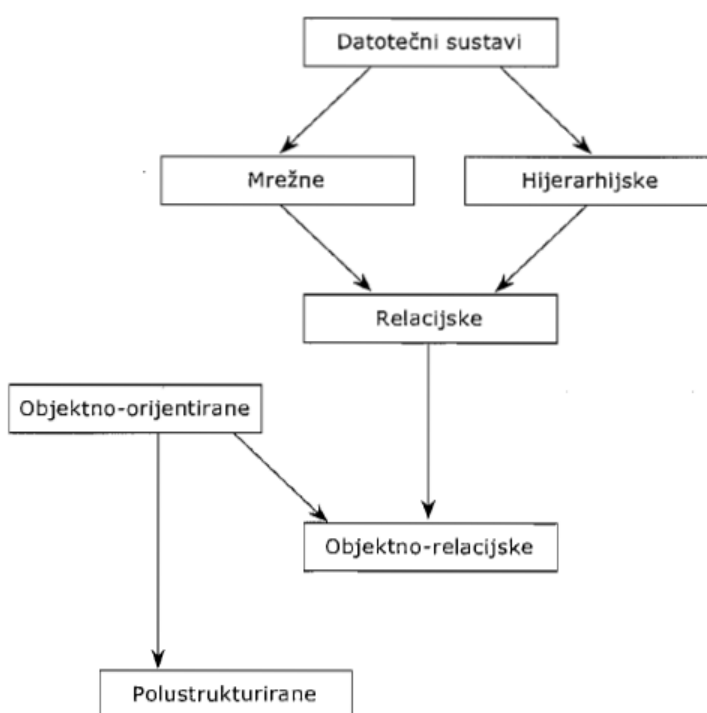
U svom radu Abiteboul et al. (1995) navode sustav za upravljanje bazom podataka kao posrednika između korisnika i fizičke pohrane podataka (slika 2-1.). Arhitektura baze podataka podijeljena je na tri razine: fizičku, logičku i vanjsku. U vanjskoj razini smješteni su razni aplikacijski programi kojima se pristupa podacima. Razdvajanjem vanjske od logičke razine omogućena je visoka razina sučelja podataka, neovisno o strukturi podataka u bazi. U logičkoj razini nalazi se model i struktura podataka. Na logičkoj razini vrši se unos podataka, manipulacija podacima te postavljanje raznih upita pomoću programskog jezika ili skupine programskih jezika. Fizička razina predstavlja fizičku implementaciju podataka na medij. Najznačajnije obilježje sustava za upravljanje bazama podataka je fizička i logička neovisnost podataka predstavljajući tako i glavnu razliku između klasičnog datotečnog sustava i sustava za upravljanje bazom podataka.



Slika 2-1. Troslojna arhitektura baze (Abiteboul et al., 1995)

2.2. Modeli baza podataka

Razvoj baza pratio je razvoj strukture modela podataka. Ranije baze temeljile su se na mrežnim i hijerarhijskim modelima podataka te sada imaju već gotovo povijesni značaj. Glavni nedostatak takvih baza je u fizičkoj ovisnosti pohranjenih podataka što otežava dohvat podataka. Suvremene baze podataka razvijale su se sukladno zahtjevima sustava za potporu podacima. Njima pripadaju relacijski, objektno-orijentirani, objektno-relacijski i polustrukturirani modeli (slika 2-2.).



Slika 2-2. Razvoj modela baza podataka (Galić, 2006)

Relacijski model

Relacijski modeli baza podataka se uspješno primjenjuju za konvencionalne poslovne aplikacije baza koje zahtijevaju definiranje samo standardnih tipova podataka, tematskih atributa predstavljenim alfanumeričkim znakovima. Ovaj model se temelji na jednostavnoj strukturi, prikazu podataka u obliku tablica koje se nazivaju i relacije. Relacije se sastoje od naziva, stupaca, reda/sloga, redova i referenci, odnosno veza među atributima različitih tablica. Relacijski modeli temelje se na povezivanju tablica što se ostvaruje pomoću primarnih i stranih ključeva.

Primarni ključ je minimalan skup atributa koji jednoznačno određuje neki zapis. Strani ključ predstavlja atribut koji je primarni ključ u drugoj relaciji, tj. tablici. Posljedica toga je neovisna interna organizacija podataka.

Relacijske baze podataka ostvaruju veliku prenosivost i interoperabilnost, odnosno sposobnost komuniciranja, izvršenje programa i prijenos podataka između različitih jedinica, što je ostvareno standardiziranim SQL (eng. *Structured Query Language*) programskim jezikom koji zamjenjuje ranije primjenjivane DDL (eng. *Data Definition Language*) i DML (eng. *Data Manipulation Language*) programske jezike za definiciju i manipulaciju podataka u hijerarhijskim i mrežnim sustavima. Osim osnovnih radnji definicije i manipulacije podacima omogućuje i definiciju integriteta podataka, prava pristupa, kontrolu podataka te postavljanje raznih upita. SQL je neproceduralan i deklarativan, što znači da operira nad skupovima podataka i opisuje uvjete koje podaci moraju zadovoljiti. Današnje relacijske baze podataka s pripadajući sustavom (eng. *Relational Data Base Management System*) odlikuje se u jednostavnosti, formalnoj utemeljenosti, visokom stupanju neovisnosti te detaljno razrađenim standardnim modelom (Abiteboul et al., 1995; Galić, 2006).

Objektno-orijentirani model

Objektno-orijentirani model razvijen je radi zadovoljavanja zahtjeva za prezentacijom kompleksnih geometrijskih objekata. Temeljna značajka objektno-orijentiranih modela zasniva se na principu zatvorenosti (eng. *encapsulation*) odnosno skrivanja informacija, posljedicu uvođenja apstraktnih tipova podataka, kojima se skriva interna struktura i definiraju sve moguće operacije koje se mogu izvršiti nad objektima tog tipa. Nazivaju se još i korisnički definiranim tipovima. Interna struktura je skrivena i objektu je moguće pristupiti jedino korištenjem određenog broja unaprijed definiranih operacija. Svakom objektu dodjeljuje se jedinstveni i fiksni identitet, pomoću kojih se stvaraju reference između objekata, stanje/vrijednost, koja je određena svojstvenim atributima, i ponašanje, koje uključuje metode i operacije izvođenja određenih postupaka nad objektom. U objektno-orijentiranim modelima uvode se klase, koje grupiraju objekte jednakih atributa. Uvođenjem klasa grupirane su interne strukture i ponašanje objekata u samu definiciju klase.

Unutar klase moguće je i stvaranje novih objekata sličnih atributa koji se grupiraju u podklase, što dovodi do koncepta hijerarhije klasa i nasljeđivanja funkcija, odnosno atributa i ponašanja. Prema tome svaka podklasa nasljeđuje sve funkcije prethodno definirane nadklase. Kompleksni objekti mogu biti strukturirani ili nestrukturirani. Kompleksni strukturirani objekti se sastoje od komponenti te imaju potpuno definiranu strukturu, dok se kod nestrukturiranih tipova ne poznaje unutarnja struktura te se označavaju kao veliki binarni ili znakovni objekti. Reference stvaraju odnose među kompleksnim objektima, a ostvaruju se semantikom vlasništva (eng. *is-part-of*, *is-component-of*) ili semantikom referenciranja (eng. *is-associated-with*).

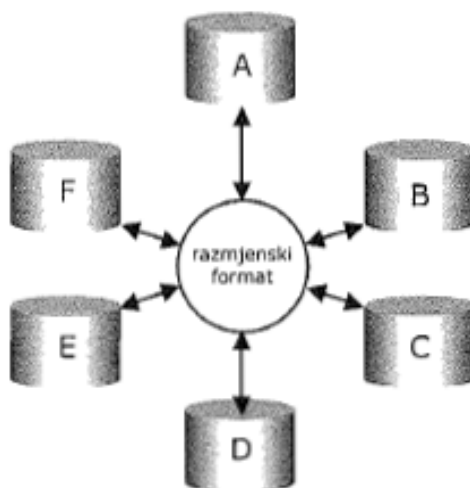
Objektno-orijentirani sustavi (eng. *Object Oriented Data Base Management System*) se nazivaju još i sustavima proširivih tipova jer tipovi podataka nisu unaprijed određeni i ugrađeni u sustav kao što je to slučaj kod relacijskih baza podataka. Moguće su specifikacije struktura kompleksnih objekata i operacija nad njima. Objektno-orijentirane baze razvijale su se tijekom godina bez standarda i usuglašenog modela podataka, što je rezultiralo sporim prihvatanjem i slabom primjenom u standardnim aplikacijama. Današnji objektno-orijentirani sustavi za upravljanje podacima sadrže usvojeni standardni objektni model (eng. *ODMG Object Model*), objektni definicijski jezik (eng. *Object Definition Language*) i objektni upitni jezik (eng. *Object Query Language*), po uzoru na SQL (Abiteboul et al., 1995; Galić, 2006).

Objektno-relacijski model

Objektno-relacijski model je nastao kao posljedica zahtjeva za izvođenje složenih upita nad kompleksnim objektima. Kombinacija je relacijskih i objektno-orijentiranih modela. pri čemu se tradicionalni relacijski model proširuje naprednim svojstvima objektno-orijentiranih modela: apstraktnim tipovima podataka, principom zatvorenosti, višeobličja i nasljeđivanja. Struktura relacijskog modela je i dalje prisutna kao temeljni element, međutim atributi u relacijama mogu biti standardni i korisnički tipovi podataka, a veze koje se ostvaruju između relacija s atributom korisničkog tipa i korisničkih tipova nazivaju se objektnim relacijama.

Polustrukturirani model

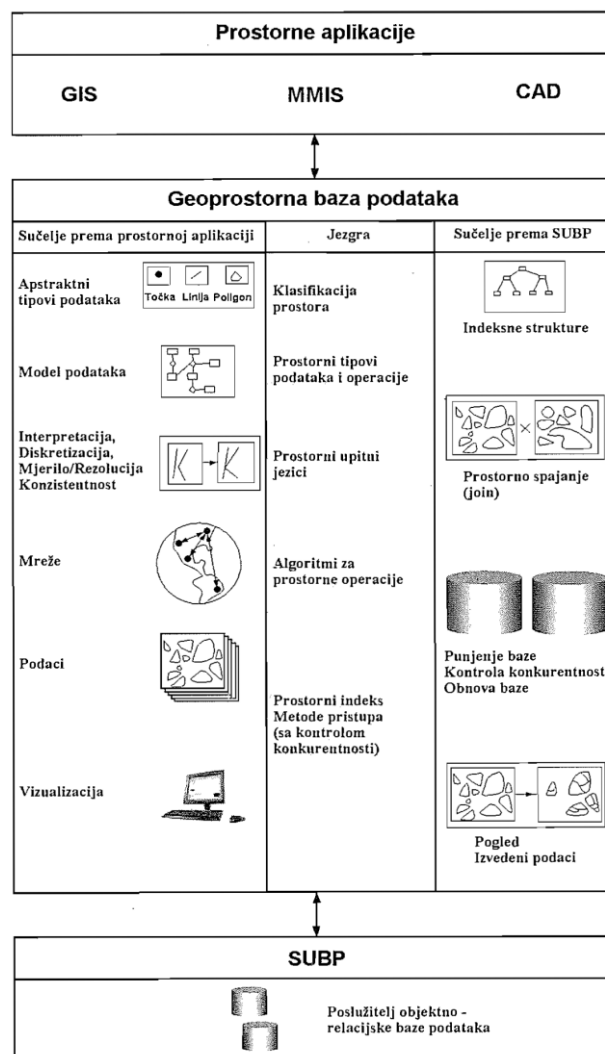
Polustrukturirani modeli baza podataka razvijen je primarno za prijenos i razmjenu podataka putem *Weba* između različito strukturiranih baza podataka. Utemeljen je na principu razmjene podataka u različitim formatima i modelima baza podataka pomoću zajedničkog djeljivog formata (slika 2-3.). Prema Galić (2006) polustrukturirani model je samoopisujući, tj. struktura podataka sadržana je u samim podacima. Podaci imaju nepravilnu strukturu te ne zahtijevaju unaprijed definiran model baze podataka. Polustrukturirani podaci implementirani su u standardnom djeljivom formatu XML (eng. *eXtensible Markup Language*) za standardne podatke i GML (eng. *Geography Markup Language*) za prostorne podatke.



Slika 2-3. Razmjenski format (Galić, 2006)

2.3. Geoprostorne baze podataka

Geoprostorne baze podataka predstavljaju skup geoprostornih podataka, odnosno podataka koji su prostorno vezani uz Zemljinu površinu. Podršku bazi podataka daje sustav za upravljanje geoprostornim bazama podataka (eng. *Spatial Database Management System*, SDBMS) koji sadrži sve značajke standardnih sustava, ali s dodatnim modulom za prikaz, upravljanje i analizu prostornih objekata (slika 2-4.). Glavne značajke sustava za upravljanje geoprostornim bazama podataka su da posjeduju geoprostorne apstraktne tipove podataka, upitni jezik koji podupire takve tipove te proces operacija nad geoprostornim podacima (Galić, 2006).



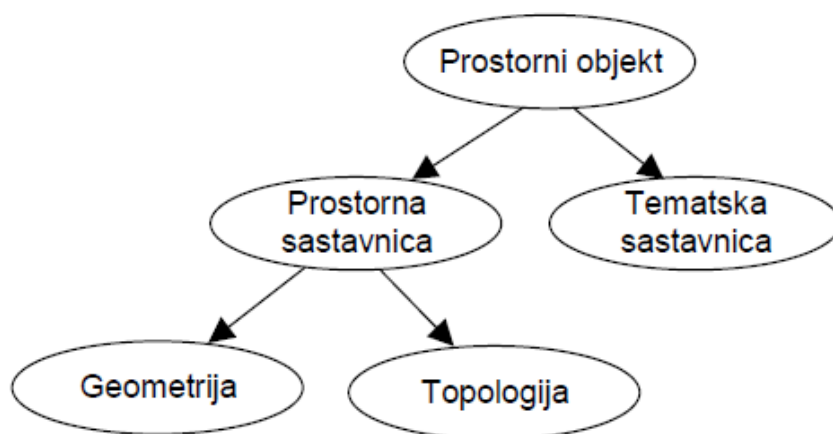
Slika 2-4. Prikaz sustava za upravljanje geoprostornim podacima (Galić, 2006)

Razvoj geoprostornih baza podataka potaknut je korištenjem geoinformacijskih sustava (GIS), sustava za unos, obradu, analizu, vizualizaciju i distribuciju geoprostornih podataka. Važnu ulogu u geoinformacijskim sustavima tijekom povijesti imali su CAD (eng. *Computer Aided Design*) sustavi s prvobitnim slojnim modelom pohrane i upravljanja prostornim podacima. Taj model je korišten kao osnova za modeliranje prostornih komponenti, pri čemu je u prvom planu bila vizualizacija prostornih podataka s relativno malom količinom opisnih podataka. Suvremeni GIS temelji se na objedinjavanju same tehnologije i sustava za upravljanje geoprostornim bazama podataka spajajući tako mogućnost vizualizacije prostornih podataka s upravljanjem velikom količinom opisnih podataka, pri čemu GIS predstavlja sučelje, a SDBMS pohranu podataka (Matijević, 2004).

2.3.1. Geoprostorni podaci

Geoprostorni podaci su podaci o geoprostornim entitetima, odnosno o stvarnim ili apstraktnim objektima ili pojavama na Zemljinoj površini, koji se sastoje od prostorne i tematske sastavnice (slika 2-5.). Tematsku ili semantičku sastavnicu čini skup atributnih podataka, jednostavnih tipova podataka koji alfanumeričkim znakovima opisuju objekt, obično su ti podaci prikazani u obliku tablica. Prostorna komponenta određena je geometrijskom i topološkom vrstom podataka te je prikazana grafičkim oblikom (Matijević, 2004).

Prostorna sastavnica obuhvaća definiranje geometrijskog tipa podatka i topološkog modela. Geometrijski tip podataka definira oblik, veličinu i položaj objekta u prostoru pri čemu je geometrija određena koordinatama karakterističnih točaka u koordinatnom sustavu. Temeljna stavka polazi od činjenice da se svi geometrijski likovi mogu zapisati kao uređen niz parova koordinata karakterističnih točaka. Osnovni geometrijski tipovi kojima se modeliraju objekti su točka, linija ili poligon (slika 2-6.), njihovom kombinacijom nastaju složeniji oblici poput mreža, topologije i 3D objekata.



Slika 2-5. Složenost geoprostornih podataka (Matijević, 2004)



Slika 2-6. Temeljni geometrijski oblici: točka, linija i poligon (Galić, 2006)

Prema prostornom rasprostiranju, točka reprezentira objekt kojemu je značajan samo položaj u prostoru te ne sadrži prostornu dimenziju. Linija predstavlja linijske objekte u prostoru kod kojih je značajna jedna dimenzija, duljina. Poligon je apstrakcija za objekte koji se promatraju kao površine, sadrži dvije dimenzije, duljinu i širinu. Dodavanjem treće dimenzije objekti se promatraju kao tijela s obujmom (Galić, 2006). Svaki prostorni objekt može se rastaviti na geometrijske podatke niže dimenzionalnosti te se fizički zapisuje u obliku polja elemenata najmanje dimenzionalnosti (obično točaka) uz obvezan podatak o položajnom referentnom koordinatnom sustavu (Stančić, 2013). Topološkim tipom podatka određuju se prostorne veze između prostornih objekata. Važna značajka topoloških modela je neovisnost prostornih veza o referentnom koordinatnom sustavu i nepromjenjivost pri topološkim transformacijama (Matijević, 2004).

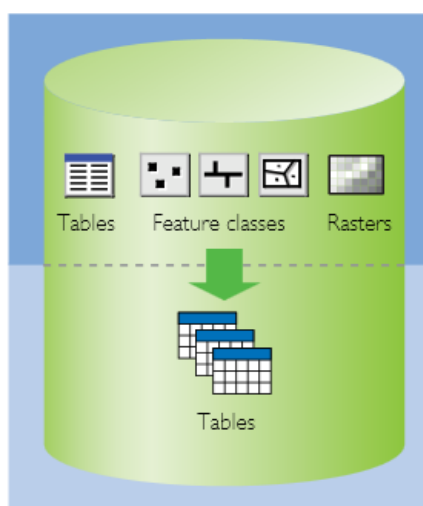
Prema Galić (2006) prostorni podaci se modeliraju ovisno o prostornom modelu kojeg implementiraju. Model polja predstavlja površinu Zemlje kao kontinuum u obliku točaka ili konačnog broja ćelija što rezultira rasterskim strukturama podataka, dok vektorsku strukturu podataka implementira objektni model. Rasterske strukture implicitno sadrže podatke o geometrijskim i topološkim obilježjima. Geometrijske elemente čine pravilne pravokutne ćelije, nazvane pikselima, kojima se dodjeljuju položajne vrijednosti, odnosno koordinate u referentnom koordinatnom sustavu i atributne vrijednosti za svaku ćeliju. Rasterski način pogodan je za prikaz veće površine u kojima granice između prostornih objekata nisu strogo određene, pri čemu se primarna važnost daje svojstvima geoprostornih objekata (Matijević, 2004). Objektni model temelji se na svrstavanju geoprostornih entiteta u prostorne objekte te pojedinačno definiranjem njihove prostorne i tematske komponente stvarajući tako prostor s nepravilnim oblicima. U vektorskim strukturama primarna važnost daje se definiranju položajnih obilježja objekata.

U literaturi se navodi još i vremenska ili temporalna sastavnica kao važan čimbenik za modeliranje dinamike geoprostornih podataka. Vremenske promjene se mogu odnositi na prostornu i/ili tematsku komponentu geoprostornog podatka te prema trajanju mogu biti stalne ili privremene (Galić, 2006; Matijević, 2004).

2.3.2. Upravljanje geoprostornim podacima

Standardni sustavi za upravljanje geoprostornim podacima temelje se na objektno-orijentiranom ili objektno-relacijskom modelu. Iako je objektno-orijentirani model prilagođeniji definiranju složenih struktura podataka, mnogo učestaliji su objektno-relacijski modeli zbog dvojne implementacije jednostavnog relacijskog i naprednijeg objektnog modela.

Zeiler i Murphy (2010) geoprostornu bazu podataka dijele na dvije razine: na aplikacijsku i na razinu pohrane, kao što je prikazano na slici 2-7. Na aplikacijskoj razini vrši se pristup podacima pomoću raznih programskih aplikacija i to je objektni model u kojemu su definirani kompleksni geoprostorni objekti, njihova prezentacija te ponašanje u prostornom okruženju. Na razini pohrane djeluje relacijska baza u kojoj se geoprostorni podaci spremaju u obliku tablica.



Slika 2-7. Razine geoprostorne baze podataka (Zeiler & Murphy, 2010)

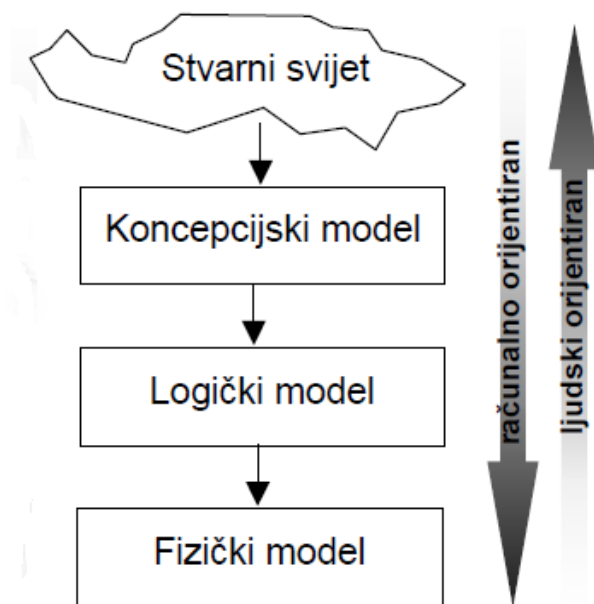
Objektnim pristupom omogućeno je formiranje klasa. U vektorskim tipovima podataka uvode se prostorne klase (eng. *Feature Classes*), koje predstavljaju skup prostornih objekata s jednakim geometrijskim tipom podataka, istim topološkim modelom i ponašanjem te jednakim tipovima predefiniranih atributnih svojstava. Prostorne klase zajedno s tematskom sastavnicom tvore klasu objekata (eng. *Object Class*) u kojoj se definiraju svojstva i ponašanje objekata unutar klase, ali i između klasa prostornih objekata. Prema načelima objektnog modela omogućeno je nasljeđivanje svojstava, odnosno prostornim klasama pridružena su svojstva definirana u objektnim klasama, i stvaranje podtipova unutar prostorne klase. Ponašanje objekata obuhvaća ograničenja, odnosno uvođenje domena za atributna i relacijska svojstva te pravila za složenija topološka svojstva i stvaranje mreža.

Relacijskim pristupom omogućen je prikaz prostornih i objektnih klasa u obliku tablica, pri čemu prostorne klase sadrže predefinirana polja za prikaz geometrijskog tipa objekta i za objektni identifikator koji jednoznačno određuje prostorni objekt. U objektnoj klasi predstavljeni su atributni tipovi podataka koji se povezuju s određenim prostornim objektom, ne sadrže prostorni tip podataka zbog čega se naziva još i neprostornom klasom. Bitna značajka relacijskog pristupa je i u povezivanju prostornih s neprostornim klasama koje se ostvaruju pomoću stranog ključa unutar tablica klasa. Veze nastaju združivanjem, povezivanjem ili stvaranjem posebnih relacijskih klasa. Prednost relacijskog pristupa je što omogućava prilagodljivu pohranu podataka te pristup podacima putem SQL jezika što rezultira visokom razinom interoperabilnosti s podacima drugih izvora. Glavne značajke koje suvremene geoprostorne baze podataka pružaju je svakako provođenje logičkih upita nad opisnim dijelom podataka i prostornih analiza nad vektorskim kao i rasterskim prostornim tipovima podataka.

Prema sustavu korištenja, geoprostorna baza može biti jednokorisnička, višekorisnička i serverska. Osobna ili jednokorisnička namijenjena je za rad s malim i srednjim geoprostornim bazama podataka, imaju ograničen kapacitet pohrane podataka te se zasnivaju na jednostavnom datotečnom sustavu ili na implementaciji jedne vrste relacijske baze podataka. Višekorisničke i serverske baze podataka pružaju neograničen kapacitet pohrane podataka i implementaciju više različitih platforma relacijskih baza podataka kao što su SQL Server, Oracle, IBM DB2, Informix i druge. Omogućuju istovremeni uvid u podatke, unos i upravljanje podacima od više korisnika (Zeiler & Murphy, 2010).

2.4. Modeliranje podataka

Model podataka opisuje međusobni odnos podataka. To je formalan način opisivanja podataka informacijskog sustava kojeg čine skup koncepata za opis statičke strukture, skup koncepata za opis ograničenja podataka, kako bi oni bili valjani i prihvaćeni te skup operatora kojima se podaci mijenjaju. Modeliranje podataka prvenstveno se odnosi na prilagodbu podataka računalnim sustavima, a predstavlja postupak pronalaženja kategorija podataka te njihov međusobni odnos koji se može vršiti na svakoj od tri razine apstrakcije promatranja podataka, na konceptualnoj, logičkoj ili implementacijskoj te na fizičkoj razini (Varga, 1994). Konceptualni model je najčešće ljudski orijentiran i djelomično strukturiran model objekata, obilježja i procesa. Logički model predstavlja implementacijsku strukturu promatranog dijela stvarnog svijeta, dok fizički model podataka prikazuje stvarnu fizičku organizaciju podataka na računalu, ujedno predstavljajući implementaciju baze podataka na uređajima i medijima za memoriranje podataka (slika 2-8.).



Slika 2-8. Prikaz razina modeliranja podataka (Matijević, 2004)

2.4.1. Konceptualno modeliranje

Konceptualni model podataka opisuje cjelokupnu strukturu podataka informacijskog sustava definirajući tako entitete ili objekte, njihove atribute te veze među njima. Kod modeliranja podataka u standardnim aplikacijama, proces je baziran na poslovnim pravilima, praksom i regulativama. Izrađen je na temelju zahtjeva informacijskog sustava te je neovisan o kasnijoj implementaciji na logičkoj ili fizičkoj razini. Za opis modela podataka na konceptualnoj razini najčešće se koriste dijagram modela entitet-veza i dijagram objektnog modela.

Model entitet-veza najčešći je oblik konceptualnog modeliranja podataka zbog svoje jednostavnosti i prilagođenosti najraširenijem implementacijskom relacijskom modelu baze podataka. U entitet-veza modelu promatrani svijet dijeli se na entitete koji su određeni svojim atributima i povezani vezama. Svaka pojava, tj. instanca entiteta ima iste atribute, ali različite vrijednosti atributa. Ključni atribut ili ključ služi za jedinstvenu identifikaciju entiteta. Veze među entiteta određene su ovisno o stupnju, kardinalnosti, smjeru i egzistencijalnoj ovisnosti.

Stupnjem veze određen je broj entiteta koji sudjeluju u stvaranju veze. Najčešći slučaj pojavljivanja je binarna veza, međutim teoretski je moguće postojanje n -arne veze između n broja entiteta. Kardinalnost opisuje stvarni broj povezanih instanci između povezanih entiteta. Vrste kardinalnosti mogu biti jedan-prema-jedan (1:1), jedan-prema-više (1:M) i više-prema-više (M:M). Smjer veze određuje izvorni i završni entitet, odnosno entitet roditelj i entitet dijete. Egzistencijalna ovisnost ukazuje na ovisnost postojanja jednog entiteta o postojanju drugog entiteta. Prema Varga (1994) prednost modela entitet-veza se očituje u mogućnosti dobrog grafičkog prikaza modela u obliku dijagrama što olakšava razumijevanje i preglednost modela.

Objektni model promatra stvarni svijet kao objekte. Varga (1994) definira objekte kao apstrakciju nečega u problemskoj domeni, o čemu se prikupljaju podaci i što sadrži vrijednosti svojih atributa i svojeg ponašanja, a klase objekata kao opis jednog ili više objekata koji imaju isti skup atributa i jednak opis ponašanja.

Općenito se može reći da je klasa definicija objekta, a objekt instanca ili pojava klase. Objektni model značajan je po dodanim obilježjima ponašanja kojima se opisuju operacije ili metode koje se obavljaju nad objektom. Ključ, korišten za identifikaciju entiteta u entitet-veza modelu, zamijenjen je sustavnim dodjeljivanjem jedinstvenog identifikatora svakom objektu. Vrste odnosa između klasa objekata ostvarene su jednostavnom, usmjerenom, veznom, n-arnom, agregacijskom i kompozicijskom vezom te nasljeđivanjem. Grafički prikaz objektnog modela ostvaruje se dijagramima klasa ili klasnim dijagramima. Suvremeni dijagrami klasa izrađuju se korištenjem usvojenog standarda UML (eng. *Unified Modeling Language*) grafičkog jezika za vizualizaciju, specificiranje, konstruiranje i dokumentiranje dijelova sustava (Matijević, 2004).

Kod modeliranja geoprostornih podataka na konceptualnoj razini proces je složeniji jer se opisuje način na koji korisnik razumijeva geoprostorne podatke i njima upravlja. Određuju se stupanj apstrakcije i prostorni koncepti za modeliranje realnog svijeta. Razlika među prostornim konceptima utječe na različite kategorije podataka, tipove podataka, operacije i strukture podataka. Prostorni koncepti kojima se modeliraju podaci baziraju se na objektno-orijentiranom ili prostorno-orijentiranim konceptima. U objektno-orijentiranim prostornim konceptima prostor je određen objektima od interesa, dok je u prostorno-orijentiranim svakoj točki u prostoru pridružena neka značajka i atribut. Međutim, geoprostorni koncepti se ne mogu direktno implementirati već odražavaju geoprostorni model podataka te pripadajuću strukturu podataka (Galić, 2006).

2.4.2. Logičko modeliranje

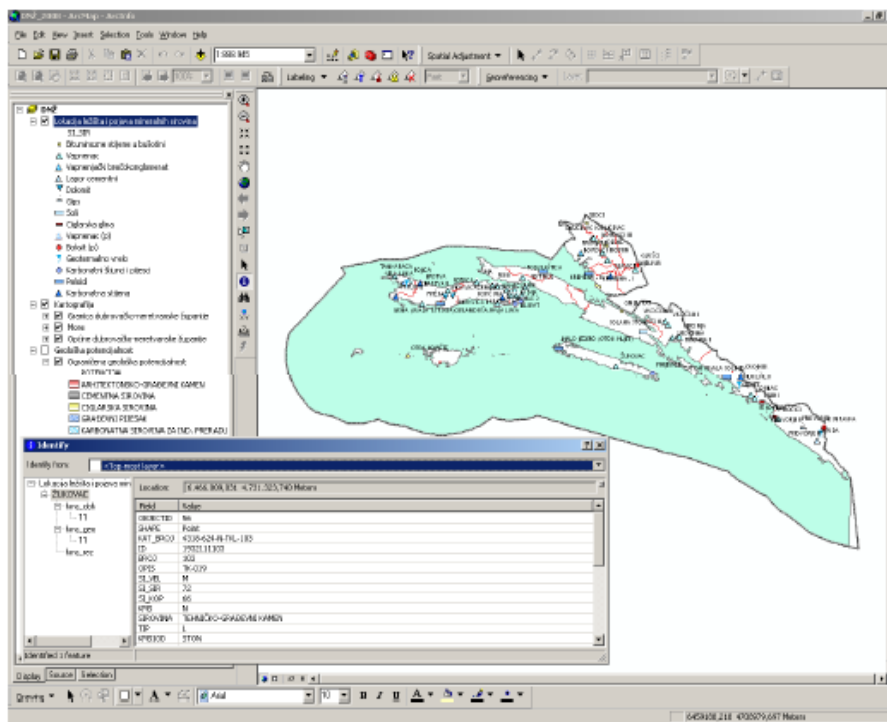
Rezultat je prethodno određenog konceptualnog modela i zahtjeva za korištenjem podataka. U logičkom modelu definiraju se strukture podataka i operacije nad strukturama podataka. Opisuje se po pravilima određenog sustava za upravljanje podacima, kao relacijski ili objektni model.

3. DOSADAŠNJI RADOVI NA RAZVOJU GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA S PRIMJENOM U RUDARSTVU

Prema dostupnim geoprostornim bazama podataka vezanima uz rudarsku djelatnost zaključeno je da su razvijane u svrhu predstavljanja izvedenih i aproksimiranih vrijednosti određenih značajki na većem području u obliku kartografskih prikaza.

Geoprostorna baza podataka Hrvatskog geološkog instituta *Geološki informacijski sustav* razvijena je za cijelo područje Republike Hrvatske te ujedinjuje geološke, geokemijske, hidrogeološke i inženjerskogeološke značajke te prikaz lokacija ležišta i pojava mineralnih sirovina. Kao dio informacijskog sustava uveden je *Geoinformacijski sustav mineralnih sirovina Republike Hrvatske* koji sadrži kartu mineralnih sirovina i bazu podataka. GIS mineralnih sirovina RH služi kao podloga i stručna osnova za strateške odluke gospodarenja mineralnih sirovina te je izvedena na razinama županija. Najveći dio sastavnih dijelova GIS-a mineralnih sirovina Republike Hrvatske izrađen je u ArcGIS okruženju (slika 3-1.), dok su baze podataka za mineralne sirovine organizirane u softveru Microsoft Access te su pojedini segmenti uneseni u središnju bazu podataka, koja je u vezi s prostornim prikazima ležišta i pojava mineralnih sirovina. Baza podataka organizirana je u četiri sadržajne cjeline: opći podaci, geološki podaci, podaci o rezervama i podaci o korištenoj dokumentaciji pri ispunjavanju katastarskog lista ležišta ili pojave (Hasan et al., 2008).

Razvoj geoprostorne baze podataka za površinski kop s površinskom eksploatacijom prikazan je u radu Tomašević et al. (2012), od faze logičkog modeliranja korištenjem UML i CASE alata prezentiranih u Microsoft Visio softveru do implementacije razvojne baze u ArcGIS okruženju. Geoprostorna baza podataka predviđena je za prikaz istražnih bušotina te rezultate fizikalnih i kemijskih analiza uzoraka iz bušotina, prikaz infrastrukturnih i prirodnih objekata te prikaz razvojnog procesa površinskog kopa, odnosno razvoj etaža, tehnoloških blokova te otkopno-utovarne opreme.



Slika 3-1. Geoinformacijski sustav mineralnih sirovina RH (Hasan et al., 2008)

4. STRUKTURA PODATAKA U GEOPROSTORNOJ BAZI PODATAKA

Prema definiciji Zakona o rudarstvu (NN 56/13) rudarstvo je temeljna gospodarska grana čije je glavno područje rada istraživanje i eksploatacija mineralnih sirovina koje se nalaze u zemlji ili na njezinoj površini, na riječnom, jezerskom ili morskom dnu. Početna faza u razvojnem procesu je faza istraživanja mineralnih sirovina koja obuhvaća radove i ispitivanja kojima se utvrđuje postojanje, oblik, položaj i oblik ležišta mineralne sirovine, količina, kakvoća te uvjeti eksploatacije, odnosno geotehnički uvjeti. Faza eksploatacije mineralne sirovine obuhvaća procese otkopavanja ili pridobivanja mineralne sirovine iz ležišta te procese oplemenjivanja mineralne sirovine koje uključuje odabiranje, sortiranje, drobljenje, mljevenje i sušenje mineralne tvari, odvajanje korisnog minerala od prateće jalovine te odvajanje pojedinih mineralnih komponenti.

Jedna od specifičnosti rudarskog djelovanja je u lokacijskoj predodređenosti mineralnih sirovina prema kojoj se usklađuju sve rudarske radnje. Iz toga slijedi da se rudarska djelatnost često suočava sa složenim topografskim i geološkim uvjetima na terenu koji zahtijevaju složenije inženjerske zahvate. Javlja se potreba za kvalitetnim praćenjem i razumijevanjem situacije, kao i za predviđanjem daljnjeg rudarskog djelovanja. Značaj baza podataka osobito dolazi do izražaja kod primjene različitih računalnih programskih aplikacija u konkretnim geološkim situacijama gdje služe kao polazna osnova za sve aktivnosti u planiranju i projektiranju rudarskih radova.

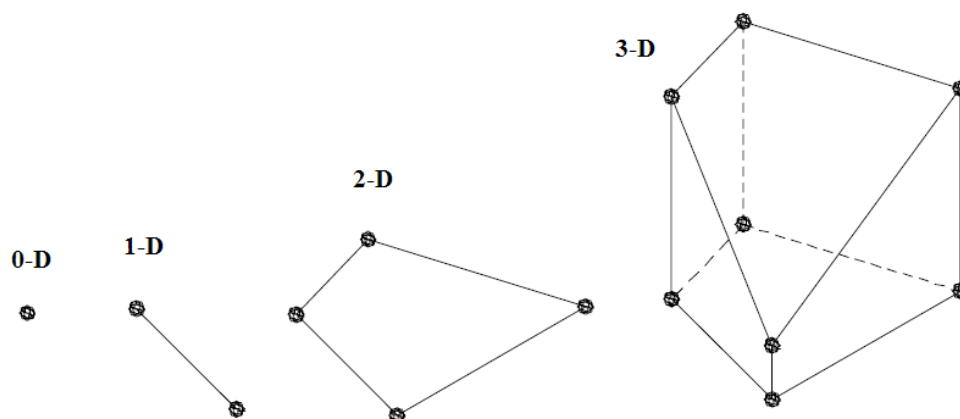
Razvoj geoprostorne baze podataka potaknut je zahtjevom za objedinjavanjem svih vrsta i grupa podataka vezanih uz jednu mikrolokaciju, odnosno uz jedno istražno ili eksploatacijsko polje, a koje bi sadržavalo kako “sirove“, tj. osnovne podatke nastale izravnim mjerenjima tako i izvedene podatke, koji su nastali interpretacijom osnovnih, a koji bi se prema potrebi koristili za daljnje analize. Građa baze predviđena je za velik broj raznovrsnih podataka koji se prema vrsti podataka dijele na prostorne i neprostorne podatke, odnosno opisne podatke. Prostornim podacima je u prvom planu grafički prikaz prostorne komponente podataka, odnosno smještaj i vizualizacija objekata u prostoru, dok se kod neprostornih ili atributnih podataka važnost daje opisnom sadržaju tih podataka.

Modeliranje geoprostorne baze podataka provedeno je na dvije razine: na konceptualnoj i na implementacijskoj. Na konceptualnoj razini razrađene su glavne tematske cjeline te grupe podataka koje ulaze u pojedinu cjelinu. Glavni sadržaj baze podataka podijeljen je na sljedeće tematske cjeline: opće podatke, geometrijske podatke, podatke o lokaciji zahvata, istražne radove, svojstva materijala, strukturne značajke, geotehnički model te na eksploatacijske radove.

Na implementacijskoj razini razvijen je model baze podataka koji je prikazan pojedinačno po navedenim cjelinama korištenjem računalnog programa Microsoft Visio u zadanom modelu entitet-relacija zbog jednostavnosti u predstavljanju realnosti pomoću skupa komponenti kojima su podaci opisani, entitetima, atributima i vezama, a predstavlja relacijsku bazu s tabličnom strukturom podataka. U prikazu implementacijskih tablica, sadržanima u prilogima, navedena polja definirana su za sljedeće komponente: oznake primarnih i stranih ključeva, attribute te opise atributa. Krajnja svrha izrade geoprostorne baze podataka je da omogućiti unos i prikaz podataka korisnicima putem *Webe* koji bi bili razumljivi i općeprihvaćeni na širem geografskom području, stoga je za nazive tablica, tj. relacija koje ujedno odgovaraju i klasama entiteta ili grupi podataka, i opisujuće attribute korišten engleski jezik zbog svoje univerzalnosti.

4.1. Vrste podataka

Podaci generirani tijekom istraživanja i eksploatacije mineralne sirovine mogu se podijeliti na prostorne i opisne podatke. Opisni podaci su jednostavno strukturirani, korištenjem alfanumeričkih znakova, a rezultat su raznih mjerenja, analiza i ispitivanja koji služe za opis pojedinih značajki. Prostorni podaci odražavaju prostorne entitete ili objekte koji se mogu grafički prikazati na određenom prostoru. Među prostornim podacima razlikuju se podaci točkastog, linijskog, poligonalnog značenja ili značenja tijela u prostoru (slika 4-1.).



Slika 4-1. Geometrijski oblici prema prostornom rasprostiranju (Matijević, 2004)

Podacima koji imaju svojstvo točke u prostoru značajan je samo položaj u prostoru, tj. njihove x, y i z koordinatne vrijednosti. Podaci kojima se pripisuje linijsko značenje u prostoru određeni su početnom i krajnjom točkom. To su objekti koji imaju svoju duljinu u prostoru. Podaci poligonalnih geometrijskih oblika imaju karakter površina. Poligonalno područje čini skup položajnih objekata, sastojeći se od lomnih točaka povezanih linijama. Ispravan skup čvorova i bridova dakle daje površinsku pripadnost pri čemu su točke u ravnini definirane koordinatama (Stančić, 2013). Sukladno time, tijela su definirana složenim topografskim odnosima, odnosno tijelo je omeđeno površinama, a površine linijama i točkama pri čemu su točke određene koordinatnim vrijednostima.

U geoprostornoj bazi podataka definirani su prostorni objekti za jednostavne i složene geometrijske oblike. Jednostavni geometrijski oblici obuhvaćaju točkaste, linijske i poligonalne oblike. Složeni geometrijski oblici definirani su kao skupovi točaka, polilinijske (eng. *Polylines*) sastavljene od niza linija, površine terena prikazane kao skupovi poligona, poliedri kao tijela u prostoru omeđena poligonima te prostorna tijela navedena kao mase i prikazane kao skupovi površina kojima su omeđeni.

4.2. Struktura podataka

Struktura podataka je orijentirana prema sadržajnim cjelinama i grupama podataka koje ulaze pod svaku cjelinu. Metodologija razvoja strukture podataka temeljila se na početnom definiranju podataka i njihovim opisima s kojima se susreće u stvarnim situacijama na terenu te njihovim formiranjem u grupe te u tematske cjeline. Grupe podataka strukturirane su u obliku tablica, a predstavljaju popise podataka istog skupa s istim pripadajućim opisnim elementima. Grupe podataka koje se javljaju u geoprostornoj bazi podataka su djelomično osnovnog i djelomično izvedenog karaktera, što znači da su dijelom rezultati izravnog mjerenja, a dijelom nastali kao rezultat obrade osnovnih podataka.

Glavne tematske cjeline obuhvaćaju opće podatke, podatke o geometrijskim oblicima prostornih objekata, podatke o lokaciji zahvata, provedenim istražnim radovima, geološkim i inženjerskogeološkim značajkama promatranog područja koji su podijeljeni na svojstva materijala i strukturne značajke, geotehnički model te na eksploatacijske radove. Grupe općih podataka su informativnog karaktera te su formirani kao popisi svih značajnih sastavnica projekata kao i samih projekata. U grupi podataka geometrijskih oblika navedeni su oblici pojavljivanja prostornih objekata pri čemu se osnovnim podacima smatraju geodetske točke kao ishodište za formiranje ostalih geometrijskih oblika i definiranje položaja u prostoru. Grupe podataka o lokaciji obuhvaćaju grupe kojima se daje cjelovit uvid u geografski i administrativni položaj zahvata. Grupe podataka o provedenim istražnim radovima obuhvaćaju popise vrsta terenskih istražnih radova te njihove opće podatke. Podaci o svojstvima materijala predstavljaju osnovne, "sirove" podatke o materijalima, dobivene tijekom terenskog snimanja i laboratorijskih ispitivanja. Grupe podataka za opis strukturnih značajki također su osnovnog karaktera jer su formirane za popis strukturnih elemenata snimanih na terenu te njihov pojedinačan kvantitativan opis. Geotehnički modeli predstavljaju izvedene veličine u kojoj su grupe podataka formirane kako bi predstavile reprezentativne vrijednosti geomehaničkih veličina koje se aproksimiraju na određeni geotehnički model. Eksploatacijskim radovima obuhvaćene su izvedbene veličine projektiranih vrijednosti etaža i etažnih kosina te uzimajući u obzir miniranje kao radnju otkopavanja projektirane i izvedbene vrijednosti parametara miniranja te praćenje ili monitoring rezultata miniranja kao i negativnih posljedica miniranja.

4.2.1. Opći podaci

Općim podacima obuhvaćeni su osnovni podaci o cjelokupnom radu na tom području, počevši od popisa svih obavljenih projekata, sudionika na projektima, odnosno odgovornih osoba za provođenje određenih radova, popis korištene opreme pri obavljanju različitih vrsta mjerenja ili ispitivanja te popis svih vrsta eksploziva koji su korišteni na tom području.

Popis projekata definiran je nazivom projekta, odgovornom osobom za navedeni projekt te opisom projekta. Popis sudionika popraćen je općim podacima o tvrtkama koje zastupaju, njihovim sjedištem te kontakt podacima. Korištena oprema opisana je tipom opreme, serijskim brojem, proizvođačem te godinom proizvodnje. Kao dokaz o ispravnosti mjernog uređaja, dijela opreme, uveden je popis o kalibraciji. Popis korištenih eksploziva opisan je minersko-tehničkim karakteristikama, a obuhvaća naziv i tip eksploziva, gustoću, brzinu i energiju detonacije, otpornost na vodu, energiju iniciranja te proizvođača eksploziva. U tablici 4-1. navedene su grupe općih podataka s nazivima pripadajućih implementacijskih tablica prikazanim u prilogu 1.

Tablica 4-1. Grupe općih podataka

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Projekti	<i>Projects</i>
Sudionici	<i>ProjectParticipantes</i>
Oprema	<i>Equipments</i>
Umjernice opreme	<i>EquipmentCalibrations</i>
Eksplozivi	<i>Explosives</i>

4.2.2. Geometrijski podaci

Geometrijski podaci opisuju prostorne komponente podataka te im je glavna svrha smještaj objekata u prostoru. Jednostavni prostorni oblici predstavljeni su točkama, linijama i poligonima, dok su složeniji objekti prikazani kombinacijom osnovnih geometrijskih likova, pri čemu temelj svih oblika predstavlja točka, opisana kao geodetska točka sa svim koordinatnim vrijednostima potrebnim za definiranje položaja u prostoru.

Opis točaka geodetskih mjerenja dijelom je u skladu s Tehničkim specifikacijama za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske (Državna geodetska uprava, 2013) temeljenog na Zakonu o sustavu državne uprave (NN 150/11) i Zakonu o državnoj izmjeri i katastru nekretnina (NN 16/07 i 124/10), a dijelom su dodane vrijednosti kojima se dodatno opisuje položaj točaka u prostoru. Najvažnije sastavnice za opis geodetskih točaka su koordinatne vrijednosti, korišteni projekcijski sustavi, prostorni vektori pomoću kojih se određuje položaj mjerene točke u prostoru, vremenski raspon trajanja točke, odgovorne osobe za provođenje mjerenja te popis korištene opreme i kalibracije iste. Popis geodetskih točaka popraćen je popisom korištenih projekcijskih sustava sa svojstvenim parametrima. Skup točaka određen je ukupnim brojem sadržanih točaka te popisom geodetskih točaka koje pripadaju pojedinom skupu. Popis pravaca obuhvaća vrijednosti kojima se opisuje stanje, orijentacija, tj. azimut i nagib pravca u prostoru definiranog pomoću pripadajuće točke. Linije su opisane početnom i završnom geodetskom točkom, duljinom linije te koeficijentima kojima se određuje jednadžba pravca u prostoru. Složeni oblik linije čine polilinije (eng. *Polylines*), koje su opisane ukupnim brojem sadržajnih jednostavnih linija, ukupnom duljinom te popisom linija koje tvore određenu poliliniju. Popis ravnina su vrijednosti koje definiraju stanje u prostoru. Ravnine su opisane točkom koja se nalazi u ravnini, azimutom i nagibom te koeficijentima kojima se određuje jednadžba ravnine. Poligoni predstavljaju područja ograničena linijama, stoga su određene ukupnim brojem sadržanih jednostavnih linija, duljinom poligona, površinom područja, koeficijentima kojima se određuje pripadajuća ravnina u prostoru te popisom linija koje opisuju pojedine poligone. Površine terena opisane su skupom poligona, ukupnom zahvaćenom površinom te popisom poligona koji opisuju pojedinu površinu terena.

Poliedri su tijela u prostoru opisana brojem poligona kojima su omeđeni, ukupnom površinom područja i volumenom koji omeđuju te popisom poligona od kojih je sastavljen. Masom je predstavljeno tijelo u prostoru sa svojim volumenom, određeno brojem površina od kojih je sastavljeno, površinom područja te popisom pripadajućih površina. U tablici 4-2. prikazane su geometrijske grupe podataka s nazivima implementacijskih tablica prikazanih u prilogu 2.

Tablica 4-2. Geometrijske grupe podataka

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Projekcije	<i>Projections</i>
Geodetske točke	<i>Points</i>
Skupovi točaka	<i>MultiPoints</i>
Lista točaka	<i>MultiListPoints</i>
Pravci	<i>Directions</i>
Linije	<i>Lines</i>
Polilinije	<i>Polylines</i>
Lista linija	<i>PolyListLines</i>
Ravnine	<i>Planes</i>
Poligoni	<i>Polygons</i>
Lista linija	<i>PolygonListLines</i>
Površine	<i>Surfaces</i>
Lista poligona površina	<i>SurfaceListPolygons</i>
Poliedri	<i>Polyhedrons</i>
Lista poligona poliedara	<i>PolyhedronListPolygons</i>
Mase	<i>Massive</i>
Lista površina masa	<i>MassiveListSurfaces</i>

4.2.3. Lokacija zahvata

Lokacijom su obuhvaćeni geografski i administrativni podaci o zahvatu. Geografski podaci opisuju teren na širem području, površine terena od kojih je sastavljen te uključuju različite tematske karte. Administrativnim podacima pridruženi su podaci o području zahvata, odnosno polja bilo istražnog ili eksploatacijskog, granicama polja, popisu nadležnih katastarskih općina te popisu katastarskih čestica koje su zahvaćene površinom polja.

Teren je opisan kao zona ili područje s karakterističnim nazivom i datumom nastanka, a sastoji se od niza površina. Površine predstavljaju geometrijske površine, odnosno povezane su izmjerama na terenu. Popisu tematskih karata pripadaju opće ili specijalne geološke te topografske karte koje su uobičajeno prikazane rasterskom grafikom. Karte su opisane nazivom, datumom nastanka, prikazom karte, datumom preuzimanja, opisom karte te zahvaćenom površinom.

Administrativna područja označavaju područje polja, bilo istražnog ili eksploatacijskog, a popraćena su podacima o nazivu polja, zahvaćenom području, službenim rješenjima o odobrenju polja, datumom od kada službena odluka stupa na snagu, tj. od kada je važeća te datumom kraja. Administrativne granice opisane su skupom pripadajućih geometrijskih linija koje opisuju administrativno područje.

Popis katastarskih općina obuhvaća naziv katastarske općine, pripadajuću oznaku, površinu te broj ukupan broj katastarskih čestica koje su u nadležnosti navedene općine. Popis katastarskih čestica sastoji se od naziva katastarskih čestica, njihovih oznaka, vlasničkog lista, namjene zemljišta te ukupne površine čestice. Uz katastarske čestice vežu se međusobne granice definirane geometrijskim linijama.

U tablici 4-3. prikazane su grupe podataka koje opisuju lokaciju zahvata te nazivi pripadajućih implementacijskih tablica prikazanih u prilogu 3.

Tablica 4-3. Grupe podataka o lokaciji zahvata

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Modeli terena	<i>Terrains</i>
Površine terena	<i>TerrainSurfaces</i>
Tematske karte	<i>ThematicLayers</i>
Administrativna područja	<i>AdministrativeLayers</i>
Administrativne granice područja	<i>AdimistrativeLayerBorders</i>
Katastarske općine	<i>CadastralRegistars</i>
Katastarske čestice	<i>CadastralPlots</i>
Granice katastarskih čestica	<i>CadastralPlotBorders</i>

4.2.4. Istražni radovi

Proces istraživanja provodi se radi utvrđivanja postojanja, količine i kakvoće mineralnih sirovina i geotehničkih uvjeta zbog izgradnje radnih i završnih kosina kod površinske eksploatacije. Istražni radovi provode se ovisno o vrsti mineralne sirovine definirane Zakonom o rudarstvu (NN 56/13) u skladu s Pravilnikom o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi balance tih rezervi.

Program istraživanja uključuje podatke prikupljene terenskim istražnim radovima i laboratorijskim ispitivanjima. Terenske istražne radove čine daljinska snimanja, geološka terenska istraživanja, geofizička istraživanja te rudarski istražni radovi poput istražnog bušenja i složenijih zahvata u prirodi primjerice raskopa i usjeka.

Daljinski snimci (eng. *Remote Sensing Images*) su rastersko strukturirani podaci, prikazuju se grafičkim načinom te im je primarna svrha vizualizacija promatranog područja. Nazivaju se još i slikovnim bazama podataka. Prema definiciji Nuić et al. (2003) daljinska snimanja podrazumijevaju snimanje Zemljine površine iz zraka, otkrivanje i bilježenje, posebnim senzorima, zračenja koja ih odašilje površina Zemlje, supstance ispod površine ili objekte na njoj te interpretaciju tako dobivenih podataka.

U istraživanju mineralnih sirovina uspješno se koriste sve tehnike aerosnimanja te interpretirani dobiveni podaci mogu upućivati na razne tektonske elemente i tektonsko-strukturne odnose snimanog područja, provedbom foto analiza razlučuju se pojedine litološke karakteristike, položaj naslaga, intenzivnost i orijentacija tektonskih poremećaja. Orbitalni snimci nastaju snimanjem Zemljine površine satelitima. Snimanje pokriva veće površine te su sateliti opremljeni multispektralnim skenerima. Geološkim analizama snimaka otkriva se položaj istraživanog područja u regionalnom sklopu terena. Radari su aktivna metoda daljinskog snimanja te se na temelju dobivenih snimaka mogu vrlo precizno interpretirati morfostrukturni oblici i tektonika područja, kao podloga za istraživanje mineralnih sirovina.

Geofizičke metode koriste se kako bi se obuhvatio što veći volumen stijenske mase te odredilo rasprostiranje mineralne sirovine u prostoru. Mjereni podaci ne prikazuju stvarno stanje nego se interpretiraju ovisno o korištenoj metodi i u kombinaciji zajedno s podacima dobivenim rudarskim istražnim radovima ili laboratorijskim ispitivanjima. Geofizička istraživanja obuhvaćaju širok raspon metoda: od seizmičkih, električnih, elektromagnetskih metoda, metode prirodnih potencijala te u novije vrijeme sve više zastupljenija bušotinska karotaža. Za istraživanje mineralnih sirovina najzastupljenija je refrakcijska seizmika za plitka istraživanja, od nekoliko metara do nekoliko stotina metara, pri čemu dobiveni rezultati o brzinama širenja primarnih i sekundarnih seizmičkih valova upućuju na zone s kompaktnim stijenama i zone sa zdrobljenim materijalom pružajući tako informacije o inženjerskogeološkim značajkama stijenske mase (Šumanovac, 2007).

U cilju istraživanja mineralne sirovine metode geoloških terenskih istraživanja smatraju se preliminarnim načinom istraživanja, a uključuju podatke prikupljene geološkom prospekcijom terena, geološkim i inženjerskogeološkim kartiranjem. U cilju eksploatacije mineralne sirovine značajna su kartiranja površinskih ili podzemnih radova, a provode se radi snimanja i praćenja značajki stijenske mase. Rudarski istražni radovi obuhvaćaju istražna bušenja te složenije zahvate u prirodi poput usjeka i zasjeka. Najčešći i najznačajniji tip istražnog bušenja je na jezgru, za dobivanje reprezentativnog uzorka jezgre stijene kroz koju se buši. Drugi tip bušenja je na ispuh, tj. bušenje komprimiranim zrakom koje se koristi samo u slučaju kada je geološka građa stijene već dovoljno poznata te se koristi samo za lociranje mineralne sirovine (Nuić et al., 2003).

Za trenutne potrebe geoprostorne baze podataka u obzir su uzeti podaci koji se prikupljaju geološkim terenskim snimanjima kao i o provedenim istražnim bušenjima. Geološka snimanja opisana su standardnim osnovnim podacima, koje čini oznaka lokacije snimanja, geodetska točka na koju se referencira, slika lokacije, odgovorna osoba za snimanje terena, datum te opis lokacije. Dodati podaci vezani su uz način snimanja, koje se opisuje kao točkasto, linijsko ili snimanje u “prozoru“, te orijentacijom promatranih površina koje se definiraju azimutom i nagibom. U slučaju linijskog snimanja određuje se smjer promatrane linije, a kod snimanja u “prozoru“ određuje se duljina i širina promatranog “prozora“ snimanja.

Za istražna bušenja navedeni su podaci o bušotinama te o jezgrama bušotina. Podaci o istražnim bušotinama obuhvaćaju oznaku bušotine, lokaciju bušotine, odnosno geodetsku točku na koju se referenciraju, azimut i nagib bušotine, dubinu bušotine, dubinu nailaska na vodu koja označava razinu podzemne vode, tip bušenja, odgovorne osobe za izvođenje bušenja i determinacije jezgre bušotine te na kraju datum bušenja i datum determinacije jezgre. Promjeri bušotina opisani su pripadajućom bušotinom te intervalom u bušotini. Podaci o determinaciji jezgre bušotine uključuju oznaku jezgre bušotine, opis intervala duž jezgre te sukladno intervalima opis materijala, ukupni postotak jezgre, indeks kvalitete jezgre (eng. *Rock Quality Designation*, RQD) te linijski faktor frakturiranosti (eng. *Fracturing Factor*, FF). Dijelovi bušotinske jezgre opisani su intervalom kojemu pripadaju, tipu, oznakom identifikacije materijala kojom se daljnje definira promatrani materijal te oznakom identifikacije strukturnog elementa kojom se daljnje definira promatrani strukturni element. Fotografije jezgri bušotina strukturirane su u zasebnoj tablici u kojoj se navodi poveznica s pripadajućom bušotinom, intervalom koji predstavlja u bušotini te slikom jezgre.

U tablici 4-4. navedene su grupe podataka koje opisuju istražne radove s pripadajućim nazivima implementacijskih tablica koje su prikazane u prilogu 4.

Tablica 4-4. Grupe podataka istražnih radova

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Geološka snimanja	<i>SurveyFeatures</i>
Bušotine	<i>Boreholes</i>
Promjeri bušotina	<i>BoreholeCoreDiameters</i>
Determinacije jezgri	<i>BoreholeCoreDeterminations</i>
Dijelovi jezgri	<i>BoreholeCoreParts</i>
Slike jezgri	<i>BoreholeCorePictures</i>

4.2.5. Svojstva materijala

Kao rezultat terenskih istražnih radova i laboratorijskih ispitivanja dobivaju se geološka i inženjerskogeološka svojstva materijala. Laboratorijska ispitivanja uključuju mineraloško–petrografsku i kemijsku analizu te ispitivanja fizikalno–mehaničkih svojstava mineralne sirovine i prateće stijene, koje su obuhvaćene pod zajedničkim nazivom materijali.

Početna razmatranja vezana su uz skupne materijale u određenom kompleksu koja se zatim raščlanjuju na pojedinačne vrste materijala te im se određuju svojstva. Podaci o svakom materijalu polaze od osnovnog zapisa u kojem se referenciraju na geodetsku točku koja obilježava lokaciju geološkog snimanja terena ili istražnu bušotinu. Pod osnovnim podacima obuhvaćena je oznaka materijala, vrsta materijala (stijena, tlo ili prijelazni tip), postoci sadržaja stijene i tla, starost materijala, simbol kojim se označava materijal te odgovorna osoba koja je provela determinaciju.

Mineraloška analiza opisuje sastav određeno makroskopskim i mikroskopskim ispitivanjem. Za popis provedenih mineraloških analiza materijala predviđen je unos oznake uzorka, opisa uzorka, odgovorne osoba za određivanje mineraloškog sastava te datuma provedene analize. Za detaljan opis mineraloškog sastava pojedinog uzorka predviđen je unos naziva minerala, njegove formule, vrijednosti i jedinice u kojem se prikazuje sadržaj.

Za popis provedenih kemijskih analiza materijala predviđen je unos oznake uzorka na kojoj je izvršena kemijska analiza, opisa uzorka, odgovorne osobe za izvršenu analizu te datuma analize. Detaljan opis kemijskog sadržaja predviđen je za unos kemijskog naziva spoja, kemijske formule, vrijednosti i jedinica u kojima se izražava udio komponenti.

U tablici 4-5. navedene su grupe podataka kojima se opisuju rezultati provedenih laboratorijskih mineraloških i kemijskih analiza s nazivima implementacijskih tablica prikazanima u prilogu 5.

Tablica 4-5. Grupe podataka o materijalima i laboratorijskih analiza

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Materijali	<i>MaterialFeatures</i>
Mineraloške analize	<i>MineralFeatures</i>
Mineraloški sastav	<i>MineralContentFeatures</i>
Kemijske analize	<i>ChemicalFeatures</i>
Kemijski sastav	<i>ChemicalContentFeatures</i>

Stijenski materijal opisan je početnom terenskom klasifikacijom te fizikalno–mehaničkim svojstvima, koja su rezultat laboratorijskih ispitivanja, a uključuju ispitivanja fizikalnih svojstava, indeksnih pokazatelja, ispitivanja jednoosne tlačne i vlačne čvrstoće, čvrstoće u troosnom stanju naprezanja te ispitivanja ultrazvučnom metodom. Za terensku klasifikaciju stijenskog materijala navodi se genetski tip stijene, grupa, tekstura, boja, naziv stijene, klasa čvrstoće određena na temelju terenske identifikacije, trošnost i opis. Za sva laboratorijska ispitivanja predviđen je unos standardnih podataka o ispitivanju, koja uključuju oznaku ispitivanog uzorka, odgovornu osobu za provođenje ispitivanja i datum ispitivanja, te rezultate pojedinačnih ispitivanja. Rezultati ispitivanja uključuju dobivene vrijednosti za fizikalna svojstva stijenskog materijala, indeksne pokazatelje, vrijednosti ispitivanja jednoosne tlačne i vlačne čvrstoće, čvrstoće u troosnom stanju naprezanja za opisivanje Hoek-Brownovog kriterija čvrstoće za intaktni stijenski materijal te vrijednosti ispitivanja ultrazvučnom metodom radi određivanja dinamičkih konstanti elastičnosti. U tablici 4-6. navedene su grupe podataka kojima su opisana svojstva stijenskog materijala s nazivima implementacijskih tablica prikazanima u prilogu 6.

Tablica 4-6. Grupe podataka za opis stijenskog materijala

Opis grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Terenska klasifikacija stijena	<i>RockFeatures</i>
Fizička svojstva	<i>RockPhysicalFeatures</i>
Indeksni pokazatelji	<i>RockIndexFeatures</i>
Jednoosna tlačna čvrstoća	<i>RockUniaxialStrengthFeatures</i>
Vlačna čvrstoća	<i>RockTensileStrengthFeatures</i>
Čvrstoća u troosnom stanju naprezanja	<i>RockTriaxialStrengthFeatures</i>
Brzina širenja ultrazvučnih valova	<i>RockSoundVelocityFeatures</i>

Za definiranje materijala tla predviđen je unos terenske klasifikacije te rezultata laboratorijskih ispitivanja, a koja uključuju ispitivanje fizičkih svojstava tla, granulometrijskog sastava, indeksnih pokazatelja, ispitivanja edometarskim pokusom, ispitivanja jednoosne tlačne čvrstoće, čvrstoće u troosnom stanju naprezanja te ispitivanja propusnosti vode. Za terensku klasifikaciju tla navodi se genetski tip tla, grupa, tekstura, boja, naziv tla, klasa čvrstoće, trošnost i opis. Za sva laboratorijska ispitivanja navedeni su standardni podaci o uzorku, tj. oznaka uzorka, odgovorne osobe za provedene ispitivanja, datum ispitivanja te rezultate pojedinih ispitivanja. Rezultati ispitivanja uključuju vrijednosti fizikalnih svojstava materijala tla, indeksne pokazatelje u koje pripada i granulometrijski sastav tla, odnosno pojedinačni maseni postoci za krupnozrnata i sitnozrnata tla, a služe za dobivanje granulometrijskog dijagrama na temelju čega se određuju udjeli krupnozrnatih čestica karakterističnih promjera zrna D10, D30 i D60. Za sitnozrnata tla su navedene Atterbergove granice plastičnih stanja. Za definiranje materijala tla predviđen je unos rezultata ispitivanja edometarskim pokusom, jednoosne tlačne čvrstoće za sitnozrnata tla, čvrstoće u troosnom stanju naprezanja u svrhu definiranja Mohr-Coulombovog zakona čvrstoće i utvrđivanje parametara tla te ispitivanja propusnosti tla. U tablici 4-7. navedene su grupe podataka za opis tla s nazivima implementacijskih tablica sadržanih u prilogu 7.

Tablica 4-7. Grupe podataka za opis materijala tla

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Terenska klasifikacija tla	<i>SoilFeatures</i>
Fizička svojstava	<i>SoilPhysicalFeatures</i>
Indeksni pokazatelji	<i>SoilIndexFeatures</i>
Edometarski pokus	<i>SoilOedometerFeatures</i>
Jednoosna tlačna čvrstoća	<i>SoilUniaxialFeatures</i>
Čvrstoća u troosnom stanju naprezanja	<i>SoilTriaxialFeatures</i>
Propusnost tla	<i>SoilWaterConductivityFeatures</i>

4.2.6. Strukturne značajke

Pod strukturnim značajkama svrstana su makro obilježja stijenskih masa te njihovi opisi. Strukturni elementi stijenske mase mogu se svrstati u tri grupe: geološki kontakti, koji čine granice između stijena različitog tipa, primarne strukture, odnosno strukture koje su nastale genetskim procesima, te sekundarne strukture koje su vezane uz postgenetske procese.

Mjerenja strukturnih značajki opisana su oznakom mjerenja, točkom snimanja na terenu, strukturnom grupom, koja se opisuje kao geološki kontakt, primarna ili sekundarna struktura, te odgovornom osobom za provedeno mjerenje. Za opis geoloških kontakata predviđen je unos tipa i opisa kontakta. Opis primarnih struktura obuhvaća vrstu primarne strukture opisane kao slojevitost, folijacija ili škrljavost. Sekundarne strukture su opisane tipom, kao pukotine, rasjedi, bore ili smične zone, i njihovim opisom.

Za opis pukotina značajni su podaci o sistematičnosti pukotina, odnosno o pripadnosti pukotine određenom setu, genetskom tipu pukotine i opisom. Rasjedi su opisani tipom rasjeda, nagibom reprezentativne strije te njezinom duljinom i pripadajućim opisom. Bore su opisane visinom i širinom rasprostiranja, nagibom osne ravnine i pravcem najveće zakrivljenosti bore, tipom i oblikom bore te pripadajućim opisom. Opis smičnih zona obuhvaća unos tipa smične zone te dodatan opis. U tablici 4-8. navedene su grupe podataka koje opisuju sve strukturne elemente s nazivima implementacijskih tablica sadržanih u prilogu 8.

Tablica 4-8. Grupe podataka strukturnih elemenata

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Mjerenja strukturnih elemenata	<i>StructuralFeatures</i>
Geološki kontakti	<i>GeologicContactFeatures</i>
Primarne strukturne značajke	<i>PrimaryStructuralFeatures</i>
Sekundarne strukturne značajke	<i>SecondaryStructuralFeatures</i>
Opis pukotina	<i>JointFeatures</i>
Opis rasjeda	<i>FaultFeatures</i>
Opis bora	<i>FoldFeatures</i>
Opis smičnih zona	<i>ShearZoneFeatures</i>

Diskontinuitet je izraz kojim se obuhvaćaju svi lomovi i prekidi u stijenskoj mase, stoga predstavljaju svaki oblik prekida u materijalu, u obliku geoloških kontakata, primarnih ili sekundarnih strukturnih elemenata. Kvantitativan opis diskontinuiteta proveden je u skladu s preporukama Međunarodnog društva za mehaniku stijena (ISRM, 1987) te obuhvaća mjerenja orijentacije diskontinuiteta, razmaka, postojanosti, hrapavosti stijenke, čvrstoće stijenke, zijeve između stijenki diskontinuiteta, opis ispune te opis procjeđivanja. Kvantitativan opis diskontinuiteta služi kako bi se diskontinuiteti međusobno povezali na temelju zajedničkih svojstava te tako okarakterizirao strukturni sklop stijenske mase.

Za mjerenja orijentacije diskontinuiteta unose se podaci o mjerenim i stvarnim veličinama azimuta, nagiba te o korištenoj opremi. Opis razmaka diskontinuiteta obuhvaća kut mjerenja između dva diskontinuiteta istog sustava, unos izmjerenih minimalnih i maksimalnih linijskih udaljenosti te minimalnih i maksimalnih stvarnih vrijednosti razmaka. Postojanost diskontinuiteta opisana je relativnim opisom postojanosti na temelju predloženih izraza za veličine postojanosti, duljinom diskontinuiteta te tipom završetka diskontinuiteta.

Za opis hrapavosti stijenke diskontinuiteta navedeni su faktori valovitosti i hrapavosti, minimalna i maksimalna vrijednost koeficijenta hrapavosti stijenke izmjerenu prema predloženim 10-centimetarskim profilima, amplitudu izbočenja, duljinu mjerenog profila i reprezentativna vrijednost koeficijenta hrapavosti stijenke.

Mjerenja čvrstoće stijenke diskontinuiteta obuhvaćaju opis trošnosti, odnosno stupanj raspadnutosti materijala stijenki diskontinuiteta, klasu čvrstoće određene terenskom identifikacijom, izmjerenu minimalnu, maksimalnu te reprezentativnu vrijednost visine odskoka Schmidtovog čekića, dobivenu tlačnu čvrstoću te korištenu opremu. Opis zijeva ili otvora obuhvaća unos minimalnih i maksimalnih udaljenosti između stijenki diskontinuiteta te opis međuprostora. Opis ispune diskontinuiteta obuhvaća unos minimalnih i maksimalnih debljina ispune, sadržaja minerala, veličinu čestica ispune, trošnost, klasu čvrstoće, oznaku materijala te dodatan opis ispune. Procjeđivanje kroz stijenke diskontinuiteta opisano je kategorijom procjeđivanja te količinom procjeđivanja vode.

U tablici 4-9. navedene su grupe podataka za kvantitativan opis diskontinuiteta s nazivima implementacijskih tablica prikazanima u prilogu 8.

Tablica 4-9. Grupe podataka za opis diskontinuiteta

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Snimanja diskontinuiteta	<i>DiscontinuityFeatures</i>
Orijentacija diskontinuiteta	<i>DiscontinuityOrientationFeatures</i>
Razmak diskontinuiteta	<i>DiscontinuitySpacingFeatures</i>
Postojanost diskontinuiteta	<i>DiscontinuityPersistenceFeatures</i>
Hrapavost stijenke diskontinuiteta	<i>DiscontinuityRoughnessFeatures</i>
Čvrstoća diskontinuiteta	<i>DiscontinuityStrengthFeatures</i>
Zijev diskontinuiteta	<i>DiscontinuityApertureFeatures</i>
Ispuna diskontinuiteta	<i>DiscontinuityFillingFeatures</i>
Procjeđivanje	<i>DiscontinuitySeepageFeatures</i>

4.2.7. Geotehnički model

Interpretacijom osnovnih, tj. “sirovih“ podataka, prikupljenih terenskim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima, dobivaju se izvedeni podaci, reprezentativne vrijednosti fizikalno-mehaničkih svojstava materijala i pripadajućih strukturnih značajki, koje u cjelini sa odgovarajućom prostornom raspodjelom čini geotehnički model.

Geotehnički modeli ili geotehničke sredine prostorno su definirani geometrijskim oblikom mase u prostoru, starošću, simbolom te opisom mase. Modeli su rezultat geomehaničkih značajki, kojeg čine fizikalno-mehaničke značajke intaktnog materijala, strukturni sklop te značajke stijenske mase u cjelini.

Materijali su opisani vrstom materijala, postocima stijene i tla te dodatnim opisom. Ovisno o vrsti, materijalima su pridružene reprezentativne vrijednosti laboratorijskih ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava materijala koje su izvedene statističkim obradama rezultata. Opis značajki stijenskog materijala obuhvaća stupanj trošnosti, gustoću, gustoću u suhom stanju, specifičnu gustoću, poroznost, sadržaj vode, tvrdoću određenu Schmidtovim čekićem, čvrstoću određenu točkastim naprežanjem, jednoosnu tlačnu i vlačnu čvrstoću, Youngov modul, Poissonov koeficijent, za opis Hoek–Brownovog kriterija čvrstoće koeficijent za intaktni materijal, kohezijom i kutom unutarnjeg trenja te brzinom širenja primarnih i sekundarnih ultrazvučnih valova. Opis značajki materijala tla obuhvaća ocjenu trošnosti, obujamsku gustoću, gustoću u suhom stanju, specifičnu gustoću, poroznost, sadržaj vode, indekse konzistencije i tečenja, edometarski modul, koeficijent konsolidacije, jednoosne tlačne čvrstoće, nedrenirane kohezije, koeficijent propusnosti, koheziju te kut unutarnjeg trenja.

Strukturne značajke pojedinog modela opisane su brojem setova pukotina, brojem slučajnih pukotina, volumetrijskim brojem pukotina, faktorom oblika blokova, prosječnim volumenom blokova, karakterističnom veličinom blokova te koeficijentom jednoličnosti.. Opis pojedinog seta pukotine obuhvaća prosječne vrijednosti svih pukotina u jednom setu, a opisan je oznakom seta, tipom, azimutom i nagibom, razmakom između pukotina, postojanošću, faktorom hrapavosti, koeficijentom hrapavosti, ocjenom trošnosti, tlačnom čvrstoćom stijenki pukotina, zijevom ili otvorom, debljinom ispune, kohezijom ispune, koeficijentom trenja ispune te ocjenom procjeđivanja.

Modeli stijenske mase kao cjeline odraz su kvalitete sadržanih materijala i značajki strukturnih elemenata koji su opisani pomoću klasifikacijskih sustava, čvrstoćom i deformabilnošću stijenske mase. Klasifikacijski sustavi su empirijske metode određivanja kvalitete stijenske mase koje se temelje na bodovanju, dodavanju numeričkih veličina geomehaničkim značajkama materijala i značajkama strukturnih elemenata.

Od klasifikacijskih sustava uvrštene su vrijednosti za indeks kvalitete jezgre (eng. *Rock Quality Designation*, RQD), geomehaničku klasifikaciju (eng. *Rock Mass Rating*, RMR), Bartonov klasifikacijski sustav (eng. *Quality*, Q), indeks stijenske mase (eng. *Rock Mass Index*, RMI) te za unos geološkog indeksa čvrstoće (eng. *Geological Strenght Index*, GSI). Za opis čvrstoće i deformabilnosti stijenske mase, u skladu s Hoek-Brownovim kriterijem čvrstoće uvršteni su faktor poremećenosti, koji opisuje stupanj poremećenosti stijenske mase uslijed iskopa, Hoek-Brownove konstante za stijensku masu, jednoosno tlačnu i vlačnu čvrstoću za stijensku masu te čvrstoću u troosnom stanju naprezanja, modul deformabilnosti stijenske mase, Poissonov koeficijent, kohezija i kut unutarnjeg trenja.

Modeli glavnih struktura predstavljaju površine koje su određene tipom glavne strukture, debljinom, normalnom i posmičnom krutošću, kohezijom te kutom unutarnjeg trenja.

U tablici 4-10. navedene su grupe podataka koje obuhvaćaju opis geotehničkog modela s nazivima implementacijskih tablica sadržanih u prilogu 9.

Tablica 4-10. Grupe podataka za opis geotehničkih modela

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Modeli	<i>Models</i>
Geometrija modela	<i>ModelMassiveFeatures</i>
Svojstva intaktnog materijala modela	<i>ModelMaterialFeatures</i>
Stijenski materijal	<i>ModelRockFeatures</i>
Materijal tla	<i>ModelSoilFeatures</i>
Strukturne domene modela	<i>ModelStructuralDomainFeatures</i>
Setovi pukotina	<i>ModelJointSetFeatures</i>
Modeli stijenske mase	<i>ModelMassFeatures</i>
Glavne strukture modela	<i>ModelMainStructureFeatures</i>

4.2.8. Eksploatacijski radovi

Eksploatacijski radovi slijede projektirana tehničko-tehnološka rješenja izvođenja rudarskih radova. Obuhvaćaju podatke o razvojnim fazama eksploatacijskog polja, odnosno stanju radova na terenu, od projektiranog mjesta otvaranja kopa, razrade kopa po površini i etažama do završnih etaža i prikaza završne kosine. Opis projektirane tehnologije dobivanja, odnosno otkopavanja mineralne sirovine i otkrivke predviđen je za proces miniranja, pri čemu se uzimaju u obzir kontrola i praćenje procesa otkopavanja miniranja.

Projektiranjem su obuhvaćene razvojne faze i napredovanje eksploatacijskog polja, čime se prikazuje stanje radova na terenu u obliku geometrijskih podataka etaža i etažnih ravnina. Granicama projekata definirane su tehničke granice opisane površinama terena koje zauzimaju etaže i etažne kosine s pripadajućim geometrijskim ravninama u prostoru. U tablici 4-11. navedene su grupe podataka projektiranih vrijednosti etaža i etažnih kosina s nazivima implementacijskih tablica sadržanih u prilogu 10.

Geoprostorna baza podataka predviđena je za opis tehnološke metode razaranja stijenske mase, radnju miniranja, pri čemu se posebna pozornost pridodaje razdvajanjem projektiranih i izvedenih vrijednosti parametara miniranja te odjeljivanjem parametara minskog polja s parametrima za svaku minsku bušotinu i s eksplozivnim punjenjem unutar svake minske bušotine. Za svaki proces miniranja predviđen je unos standardnih podataka, kao što je oznaka miniranja, datum miniranja, naziv lokacije miniranja, opis lokacije te odgovornu osobu. Dodatnu vrijednost čini geometrija minirane mase kojom se vrijednosti miniranja, projektirane i izvedbene, dovode u vezu s obuhvatom u prostoru.

Projektirane vrijednosti procesa miniranja predviđene su za unos parametara minskog polja, planom minskih bušotina i planom eksplozivnog punjenja minskih bušotina. Parametri minskog polja predviđeni su za unos projektiranih vrijednosti geometrijskih parametara minskog polja, a one uključuju visinu etaže koja se minira, veličinu izbojnice ili linije najmanjeg otpora, razmak bušotina, duljinu probušenja, broj redova bušotina, broj ukupnih bušotina, broj stupnjeva paljenja po redovima, okvirne parametre izvedbe i punjenja minskih bušotina te oznaku odgovorne osobe.

Projektirane vrijednosti miniranja predviđene su za unos volumena miniranog materijala, broj stupnjeva paljenja po bušotinama, ukupne količine glavnog i pomoćnog eksplozivnog punjenja, ukupne energije glavnog i pomoćnog eksplozivnog punjenja, specifičnu potrošnju količine i energije eksplozivnog punjenja, maksimalnu količinu i energiju eksplozivnog punjenja pri stupnju paljenja, način iniciranja te odgovorne osobe za plan miniranja. Projektirane vrijednosti punjenja minskih bušotina ili plan minske bušotine obuhvaća opis parametara svake minske bušotine unutar minskog polja, a predviđen je za unos oznake ili broja minske bušotine, ukupne duljine bušotine, broj stupnjeva paljenja unutar bušotine, ukupne duljine eksplozivnog punjenja minske bušotine, pojedinačne duljine punjenja glavnog i pomoćnog eksploziva, količinu glavnog i pomoćnog eksplozivnog punjenja, ukupne količine i energije eksplozivnog punjenja u bušotini, maksimalne količine i energije eksplozivnog punjenja pri stupnju paljenja. Projektirane vrijednosti eksplozivnog punjenja u pojedinoj bušotini ili plan eksplozivnog punjenja označava opis punjenja u pojedinoj bušotini, a obuhvaća tip eksplozivnog punjenja, broj kao oznaku stupnja paljenja unutar minske bušotine, oznaku eksploziva, promjer punjenja ili patroniranja, duljinu te količinu punjenja.

Izvedena miniranja nastaju kao rezultat projektiranih vrijednosti, ali i mogućih nepredvidivih geoloških uvjeta na terenu. Opis izvedenih miniranja obuhvaćaju unos odminiranog volumena materijala, broj stupnjeva paljenja po redovima minskog polja, količine glavnog i pomoćnog punjenja, ukupne količine eksplozivnog punjenja, specifične količine i energije potrošnje eksplozivnog punjenja, maksimalne količine i energije eksplozivnog punjenja po stupnju paljenja, način iniciranja te odgovorne osobe za provedbu procesa miniranja.

Izvedene vrijednosti minskih bušotina obuhvaćaju unos oznake bušotine, geometrijske parametre, poput duljine bušotine, iznos izbojnice, razmaka bušotine, volumen odminirane mase, izvedbe čepa bušotine, odnosno duljine i smještaj unutar bušotine, izvedbu zračnog međučepa, te parametre eksplozivnog punjenja u bušotini, poput ukupne duljine eksplozivnog punjenja, duljine glavnog eksplozivnog punjenja i duljine pomoćnog eksplozivnog punjenja, količine glavnog i pomoćnog eksplozivnog punjenja, ukupne količine i energije eksplozivnog punjenja, specifične količine i energije potrošnje eksplozivnog punjenja, broj stupnjeva paljenja unutar pojedine bušotine te maksimalnu količinu i energiju eksplozivnog punjenja pri stupnju otpucavanja.

Izvedene vrijednosti eksplozivnog punjenja pojedine bušotine definirane su duljinom u bušotini, tipom, kao glavno ili pomoćno, brojem stupnja paljenja, oznakom eksploziva, promjerom punjenja ili patroniranja, duljina punjenja te količinom punjenja. U tablici 4-12. navedene su grupe podataka kojima se opisuje proces otkopavanja miniranjem s nazivima implementacijskih tablica prikazanih u prilogu 11.

Pod monitoringom obuhvaćena su praćenja procesa miniranja, od uspješnosti miniranja do praćenja negativnih utjecaja na okoliš. Uspješnost izvedenog miniranja ocjenjuje se na osnovi volumena odminirane stijenske mase, daljine rasprostiranja minirane mase, stupnja i ujednačenosti drobljenja minirane mase, visine troškova bušenja i miniranja te sigurnosti pri radu i zaštiti okoline. Za nepoželjne posljedice miniranja ubrajaju se seizmički efekti miniranja, odbacivanje minirane mase, zračni udarni val te prašina i štetni plinovi (Krsnik, 1989).

Za potrebe geoprostorne baze podataka, odnosno uzimajući u obzir geotehnički aspekt, uvrštene su vrijednosti za praćenje seizmičkih efekata uslijed miniranja te praćenje uspješnosti miniranja, koji uključuje i negativnu stranu odbacivanja minirane mase. Praćenje uspješnosti obuhvaća standardne podatke, poput oznake miniranja koja se ocjenjuje, sliku miniranja te odgovornu osobu za provođenje kontrole, geometrijske pokazatelje minirane mase, odnosno duljinu odbacivanja minirane mase, duljinu rasprostiranja odminirane mase, prosječan volumen nastalih blokova i karakterističnu veličinu blokova, te kao dodatne vrijednosti ocjenjivanja uspješnosti miniranja uvršteni su numerički pokazatelji, poput faktora i ocjene odbacivanja minirane mase, koeficijenta jednoličnosti, ocjene fragmentacije, faktora rasprostiranja, faktora oblika hrpe odminirane mase te ocjenu rasprostiranja odminirane mase. Mjerenja seizmičkog efekta obuhvaćaju standardne podatke, poput naziva lokacije mjerne stanice, oznake geodetske točke, oznake miniranja, datum mjerenja, odgovorne osobe za provođenje mjerenja te oznaka korištene opreme, i dobivene rezultate. Rezultati uključuju vrijeme trajanja seizmičkog mjerenja, vršne brzine oscilacija i frekvencije transversalne, vertikalne i longitudinalne komponente seizmičkih valova, rezultantu brzine oscilacija te iznos tlaka zraka. U tablici 4-13. navedene su grupe podataka za monitoring miniranja s nazivima implementacijskih tablica prikazanim u prilogu 11.

Tablica 4-11. Grupe podataka projektiranih vrijednosti etaža i etažnih kosina

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Projektne granice	<i>ProjectBoundaries</i>
Projektne površine	<i>ProjectBoundarySurfaces</i>
Projektne granice	<i>ProjectBoundaryPlanes</i>

Tablica 4-12. Grupe podataka za opis procesa otkopavanja miniranjem

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Otkopavanja miniranjem	<i>BlastingExcavations</i>
Parametri minskog polja	<i>BlastingFieldParameters</i>
Plan miniranja	<i>BlastingPlans</i>
Plan izvedbe minskih bušotina	<i>BlastholePlans</i>
Plan punjenja minskih bušotina	<i>BlastholeChargePlans</i>
Izvedba miniranja	<i>Blastings</i>
Izvedba minskih bušotina	<i>Blastholes</i>
Izvedba punjenja minskih bušotina	<i>BlastholeCharges</i>

Tablica 4-13. Grupe podataka za praćenje procesa miniranja

Grupe podataka	Nazivi implementacijskih tablica
Praćenje seizmičkog utjecaja miniranja	<i>SeismicMonitoring</i>
Praćenje rezultata miniranja	<i>BlastingResultMonitoring</i>

4.3. Relacije između podataka

Relacije između podataka stvarane su prema načelima relacijskih modela baza podataka, uvođenjem stranih ključeva u grupe podataka, koji su ujedno primarni ključevi izvorne grupe podataka.

Glavna svrha stvaranja veza ili relacija između podataka različitih vrsta i različitih grupa podataka jest da se osigura cjelovitost podataka te međusobna logička povezanost prostornih i opisnih podataka. Cjelovitost, odnosno sveobuhvatnost podataka uključuje prikaz svih segmenata jednog istražnog ili eksploatacijskog polja, dok je povezanost prostornih i opisnih podataka primarna i najvažnija stavka stvarana kako bi se definirali prostorni objekti, odnosno kako bi se u ovom slučaju definirala geološka građa na prostoru istražnog ili eksploatacijskog polja.

Prostorne sastavnice podataka opisane su geometrijskim podacima u obliku jednostavnih i složenih geometrijskih oblika. Njima su pridružena značenja objekata koje predstavljaju te opisne značajke s kojima su objekti logički povezani. Početna razmatranja u svrhu definiranja geološke građe, odnosno stvaranja geotehničkog modela vezana su uz geodetske točke koje predstavljaju lokacije geoloških snimanja i istražne bušotine. Pridruživanjem geoloških i inženjerskogeoloških svojstava materijala na geodetske točke snimanja ili istražne bušotine definiran je materijal i strukturni elementi na pripadajućoj lokaciji. Materijal je definiran vrstom, fizikalno-mehaničkim svojstvima te mineralnim i kemijskim sastavom. Rezultati laboratorijskih ispitivanja svojstava materijala, bilo stijene ili tla, aproksimiraju se na prostorni objekt, u ovom slučaju na istražne bušotine ili na intervale duž istražne bušotine. Strukturne značajke aproksimiraju se na lokacije snimanja ili istražne bušotine s pripadajućim kvantitativnim opisom za pojedinačne strukturne elemente predstavljene kao diskontinuitete. Povezivanjem istih geoloških članova u skladu s prostornim pojavljivanjem te određivanjem njihovih reprezentativnih vrijednosti geomehaničkih značajki dobiva se tijelo u prostoru, okarakterizirano kao geotehnički model sa svojstvenim geomehaničkim značajkama, koji simulira stvarne uvjete na terenu te pomoću kojega se modelira ponašanje materijala uslijed geotehničkih radova.

Etaže i etažne kosine prikazane su kao sustav ravnina. Pridruženi su im geometrijski oblici površine terena opisane kao niz poligona sa točno definiranim smještajem u prostoru. Proces miniranja povezan je s modelom mase u prostoru. Model mase je okarakteriziran geomehaničkim značajkama na koje se nadovezuju parametri cjelokupnog miniranja, počevši od minskog polja, minske bušotine te eksplozivnog punjenja minske bušotine.

5. IMPLEMENTACIJA MODELA ZA POVRŠINSKI KOP

“SV. JURAJ – SV. KAJO“

Dijelovi modela implementirani su u *OptiMine* (Hrženjak, 2015) programski sustav namijenjen korisnicima u svrhu evidentiranja i određivanja geotehničkih parametara, prvobitno razvijenog u sklopu projekta razvoja baze podataka za površinski kop “Sv. Juraj – Sv.Kajo“ u vlasništvu tvrtke “Cemex Hrvatska d.d.“.

Površinski kop “Sv. Juraj – Sv. Kajo“ nalazi se u Splitsko-dalmatinskoj županiji, na granici između Općine Solin i Općine Kaštel Sućurac (slika 5-1). Površinski kop karakterizira složena geološka građa, tektonsko poremećeno područje s inženjerskogeološkim i hidrogeološkim značajkama koje rezultiraju procjeđivanjem vode na površinski kop i time direktno utječu na uvjete otkopavanja. Tehnologija otkopavanja obuhvaća proces miniranja, pri čemu se parametri miniranja, minskih bušotina i eksplozivnog punjenja bušotina prilagođavaju uvjetima na terenu.



Slika 5-1. Satelitski snimak površinskog kopa “Sv. Juraj – Sv. Kajo“ (Google Earth, 2015)

5.1. Eksploatacija mineralne sirovine na površinskom kopu

Eksploatacijsko polje “Sv. Juraj – Sv. Kajo” obuhvaća površinu od 334,85 ha na kojoj je rudarskim radovima zahvaćena površina od 176 ha. Eksploatacija mineralne sirovine za proizvodnju cementa na ovom području se odvija od 1904. godine kada je izgrađena i počela s radom tvornica u „Sv. Kaji“. Do 1970. godine otkopavali su se isključivo slojevi lapora, da bi se razvojem tehnologije homogenizacije počeli otkopavati svi slojevi naslaga na području eksploatacijskog polja (Vujec, 1989). Prosječna godišnja proizvodnja u posljednjih pet godina iznosi približno 2100000 tona mineralne sirovine.

Eksploatacija mineralne sirovine na površinskom kopu odvija se prema Glavnom rudarskom projektu eksploatacije sirovine za proizvodnju cementa na eksploatacijskom polju “Sv. Juraj – Sv. Kajo” (Živković, 2004). Eksploatacijsko polje sadrži dva otkopna polja “Sv. Juraj” i “Sv. Kajo” s etažnim otkopavanjem mineralne sirovine. Na otkopnom polju “Sv. Juraj” osnovni plato nalazi se na koti od +80 m n.m. te se etaže razvijaju u visinu, uglavnom u sjevernom, sjeverozapadnom i zapadnom dijelu kopa (slika 5-2). Najveća visina ruba etažne kosine ostvarena je u središnjem dijelu kopa s kotom od +220 m n.m.



Slika 5-2. Otkopno polje „Sv. Juraj“

Na dijelu otkopnog polja „Sv. Kajo“ osnovni plato nalazi se na koti +100 m n.m te se etaže razvijaju u visinu kopa (slika 5-3). Najveća visina ruba etažne kosine ostvarena je u sjevernom dijelu s kotom od +205 m n.m.



Slika 5-3. Otkopno polje „Sv. Kajo“

5.2. Geološke, inženjerskogeološke i hidrogeološke značajke ležišta

Područje ležišta mineralne sirovine na eksploatacijskom polju „Sv. Juraj – Sv. Kajo“ izgrađeno je od flišnih naslaga srednjoeocenske starosti ($E_{2,3}$). Generalni smjer nagiba slojeva je sjever, odnosno sjeveroistok. Geološka građa šireg područja, koja definira prostor Trogira, Kaštela, Solina i Splita, preuzeta je iz dijela Lista OGK – list Split (Marinčić et al., 1971), prikazana je na slici 5-4.



Slika 5-4. Isječak OGK, List Split s ucrtanom pozicijom eksploatacijskog polja “Sv. Juraj – Sv. Kajo“ (Pencinger et al., 2009)

Prema Kerneru (1903) naslage ležišta pripadaju u srednju flišnu zonu koje je moguće razdijeliti na donju, srednju te gornju. Marjanac (1985) srednju flišnu zonu naziva „megaslojem“ kojeg dijeli na tri člana: donji, srednji i gornji. Donji član predstavlja debritna serija klasta (olistolita) različitih veličina uklopljenih u muljnu osnovu koju čini lapor s foraminiferama i skeletnim kršjem. Srednji član čine lapori s numulitima, kalkarenit i kalksilit. Gornji član „megasloja“ predstavljen je laporom s većim udjelom kalcitne komponente. Gornju flišnu zonu čini izmjena lapora i pješčenjaka s proslojcima konglomerata, koja se u kontinuitetu pruža duž sjeverne strane cijelog kamenoloma.

Laramijski pokreti su najstariji tektonski pokreti na širem području, a vidljivi su sjeverno od ležišta, na krednom platou u okolici Konjskog i Blaca (Pencinger et al., 2009). Ovdje paleocenske karbonatne naslage leže transgresivno na gornjokrednim rudistnim vapnencima. Kontakt između ovih naslaga karakterizira slabija kutna i izraženija erozivna diskordancija. Pritisci koji su doveli do tektonskih poremećaja bili su sa sjeveroistoka kada je kredni greben današnjeg Kozjaka navučen na eocenski fliš kaštelanskog zaljeva. Prilikom toga stvorene su izoklinalne bore polegale na jugozapad. U najvećem dijelu eksploatacijskog polja dominantni su izoklinalni položaji slojeva fliša nagnuti prema sjeveru do sjeveroistoku pod nagibom 30° do 40°. Na južnom, središnjem i istočnom dijelu javljaju se sekundarno borane manje površine.

Detaljnijim strukturnogeološkim istraživanjima (Navratil i Hrženjak, 2009) uočeni su kinematski pokazatelji smicanja. Veličine pomaka po plohama smicanja variraju od nekoliko centimetara do nekoliko metara, zbog čega ove plohe predstavljaju smične pukotine i rasjede. Sve se plohe mogu smatrati rasjedima i to: reversni rasjedi pružanja zapad sjeverozapad-istok jugoistok, desni rasjedi pružanja sjeverozapad-jugoistok i lijevi rasjedi pružanja sjeveroistok- jugozapad. Sekundarne bore na području površinskog kopa vidljive su u kalkarenitima, odnosno pojave izoklinalnog boranja u izmjeni lapora i pješčenjaka te lapora s numulitima čije se osi pružaju paralelno s Kozjačkim rasjedom.

S hidrogeološkog stajališta litološke članove prema propusnosti dijele se u propusne, djelomično propusne i slabo propusne (Terzić i Lukač Reberski, 2009). Iako se fliš kao litološka jedinica smatra barijerom tečenju podzemne vode, unutar njega postoje litološki članovi koji su dovoljno porozni i propusni da djeluju kao dobro ili djelomično propusna stijenska masa. Iz dosadašnjih istraživanja (Terzić i Lukač Reberski, 2009) zaključeno je da je ova pojava procjeđivanja vezana uz tektonski jače razlomljenu zonu kroz koju se formira tok te da se teško može povezati s krškim podzemnim vodama Kozjaka. Od stijena na tom području prevladavaju kalcitični lapori i izmjena lapora i pješčenjaka, koji su u hidrogeološkom smislu kategorizirani kao vrlo slabe propusnosti do gotovo nepropusne stijene. Nakon obilnih kiša formiraju nekoliko izvorišnih zona na sjevernim etažama, od kojih se posebno ističe izvorišna zona na otkopu „Sv. Juraj“. Geološkim prospekcijskim istraživanjem (Bralić, 2015) najveće procjeđivanje vode utvrđeno je u izmjeni lapora i pješčenjaka na etaži K +140 m n.m. Iz ovog se područja formira površinski tok za koji je utvrđena količina vode od približno 3,3 l/s, a koje je označeno kao „Babićevo vrelo“.

5.3. Tehnologija otkopavanja mineralne sirovine

Otkopavanje mineralne sirovine na površinskom kopu odvija se metodom bušenja i miniranja stijenske mase na proizvodnim etažama, nakon čega se odminirani materijal utovara i transportira do drobiličnih postrojenja (slika 5-5). Zbog velike neujednačenosti kvalitete mineralne sirovine te specifičnih zahtjeva na pripremi mineralne sirovine, koje se odnose na vrijednosti silikatnog i aluminatnog modula te na stupanj zasićenja, postoji potreba za istovremeno otkopavanje na više lokacija kako bi se homogenizirao materijal. Uz to često postoji potreba za izmjenama u pripremi mineralne sirovine koje su uvjetovane proizvodnjom drugih vrsta cemenata.

Iskop stijenske mase provodi se bušenjem i miniranjem, uglavnom na etažama od 10 m do 20 m visine, s prosječnom vrijednošću izbojnice od 3,5 m te razmakom između bušotina od 3,5 m. Radi smanjivanja seizmičkog djelovanja na okolinu površinskog kopa na pojedinim lokacijama uveo se iskop na etažama i od 5 m visine ili s primjenom zračnog međučepa te vremenskim odvajanjem otpucavanja eksplozivnog punjenja unutar bušotine u dva dijela. Prilikom izvođenja proizvodnih miniranja uobičajeno se provode kontrolna mjerenja brzina oscilacija i tlaka zračnog udarnog vala na karakterističnim mjestima unutar i izvan eksploatacijskog polja.

Na temelju analize prikupljenih podataka, odnosno praćenja učinaka i djelovanja miniranja na okolinu površinskog kopa, promjenom tehnoloških parametara miniranja pokušalo se naći bolja rješenja s ciljem smanjivanja seizmičkog djelovanja. Rezultati promjena tehnoloških parametara miniranja nisu bili zadovoljavajući s obzirom na vrlo visoke zahtjeve, odnosno izuzetno nizak nivo dopuštenih brzina oscilacija prilikom proizvodnih miniranja koji je prihvaćen od šire okoline, s obzirom na složenost uvjeta eksploatacije te potrebe pripreme velike količine kvalitetne mineralne sirovine.



Slika 5-5. Otkopavanje mineralne sirovine

5.4. Razvoj geoprostorne baze podataka za eksploatacijsko polje

“Sv. Juraj – Sv. Kajo“

Razvoj geoprostorne baze podataka za eksploatacijsko polje “Sv. Juraj – Sv. Kajo“ potaknut je kontinuiranim praćenjem učinaka i djelovanja procesa miniranja na okolinu pri čemu se mijenjanjem tehnoloških parametara otkopavanja, odnosno parametara miniranja nastoji udovoljiti svim zahtjevima, a koji se prvenstveno odnose na smanjenje seizmičkih učinaka miniranja te na samu uspješnost miniranja. Pri određivanju parametara miniranja veliki značaj ima složena geološka građa ležišta što znači da se parametri miniranja moraju pojedinačno prilagođavati uvjetima na terenu što dodatno komplicira izvedbu minskih bušotina i procesa miniranja.

Od predloženog modela geoprostorne baze podataka, opisanog u 4. poglavlju, za bazu podataka eksploatacijskog polja “Sv. Juraj – Sv. Kajo“ implementirani su dijelovi koji se odnose na otkopavanje mineralne sirovine i monitoring, a koji su prvenstveno i bili modelirani za potrebe navedenog eksploatacijskog polja. Unosom podataka za svako proizvodno miniranje, njihovih parametara, parametara minskih bušotina te punjenja minskih bušotina kao i praćenjem uspješnosti miniranja i seizmičkih efekata nastalih uslijed miniranja dobiva se sveobuhvaćenost podataka, odnosno uspostavljanje uzročno-posljedične veze između svih parametara miniranja i rezultata uspješnosti i negativnih utjecaja miniranja. Dodavanjem geometrijske komponente, koja ujedno označava stijensku masu, na pojedine procese miniranja dobiva se prostorni razmještaj koji može pružiti dodatne pogodnosti u analiziranju dobivenih podataka, uspoređivanjem teorijskih i stvarnih vrijednosti dobivenih veličina odminirane mase te ukazati na moguća zadovoljavajuća rješenja izvođenja tehnoloških parametara miniranja.

6. ZAKLJUČAK

U radu je na konceptualnoj razini razrađen sadržaj geoprostorne baze podataka, odnosno razrađene su vrste i grupe podataka koje bi ulazile u geoprostornu bazu podataka s primjenom u rudarskoj djelatnosti s naglaskom na geotehničke radove. Baza je prvenstveno namijenjena za pojedinačne lokacije. Sastavljena je tako da sadržava podatke prikupljene u svim fazama eksploatacije, odnosno podatke prikupljene u fazi istraživanja te u eksploatacijskoj fazi. Podaci su svrstani u grupe, zatim u cjeline prema zajedničkim svojstvima, tj. značenjima unutar eksploatacijskog procesa. Posebno značenje imaju prostorne komponente, prvenstveno geometrijske sastavnice kojima je definiran položaj objekta u prostoru. U ovom slučaju krajnja svrha geometrijskih podataka je na modeliranju geološke građe u prostoru, odjeljivanju različitih geotehničkih zona s definiranim parametrima materijala, na koje bi se zatim vezali eksploatacijski radovi, u prostornom i u opisnom dijelu. Geometrijski podaci su, kao i ostali, tablično strukturirani što je teoretski popraćeno. Međutim, time je uvedena dodatna složenost sustava te se postavlja pitanje praktičnosti takvog načina strukturiranja geometrijskih podataka. Baza podataka nastoji obuhvatiti što veći opseg osnovnih, odnosno “sirovih” podataka s kojima se susreće na terenu kako bi se obuhvatile sve moguće situacije. Implementacijski modeli prikazani su u skladu modeliranja podataka u relacijskom okruženju. Predloženi model i sadržajna struktura podataka predstavljaju tek početak u razvoju geoprostorne baze podataka te su podložni mogućim promjenama i dopunama sadržaja kao i u samom strukturiranju podataka. Na primjeru eksploatacijskog polja “Sv. Juraj – Sv. Kajo” prikazana je primjena modela podataka za trenutne potrebe eksploatacijskog polja, odnosno za proces eksploatacije mineralne sirovine, koji uključuje tehnologiju otkopavanja miniranja te praćenje procesa miniranja. Zbog specifičnih geoloških uvjeta na eksploatacijskom polju i zahtjeva okoline, proces otkopavanja zahtjeva dodatna praćenja i analize samog miniranja pri čemu baza podataka pokazuje brojne prednosti pri vođenju evidencije podataka.

Dijelovi predloženog modela podataka, prvenstveno sadržaj, planirani su za implementaciju u računalnu aplikaciju *OptiMine* neovisno o predloženom relacijskom strukturiranju podataka. Ovim radom je pokušano na jednostavan, a opet prihvatljiv način, u obliku relacijskog modela, prikazati sadržaj, odnosno građu geoprostorne baze podataka koja bi bila primjenjiva za rudarsko geotehničke zahvate.

7. LITERATURA

ABITEBOUL, S., HULL, R., VIANNU, V., 1995. *Foundations of Databases*. Boston: Addison-Wesley Company.

BRALIĆ, N., 2015. *Prikupljanje i obrada podataka o diskontinuitetima potrebnih za procjenu hidrogeoloških parametara stijenske mase*. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA, 2013. *Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske*. URL: http://www.dgu.hr/assets/uploads/Dokumenti/Novosti/Tehnicke%20spec%20koordinate/2-20130826_Odluka_teh_spec_ktksrh.pdf (datum pristupanja: 10.5.2015.).

GALIĆ, Z., 2006. *Geoprostorne baze podataka*. Zagreb: Golden marketing-Tehnička knjiga.

GOOGLE EARTH, 2015. Površinski kop "Sv. Juraj – Sv. Kajo". DigitalGlobe 2015. (Datum pristupanja: 10.5.2015.).

HASAN, O., KRUK, B., DEDIĆ, Ž., KASTMULLER, Ž., MIKO, S., KRUK, LJ., PEH, Z., 2008. *Geografski informacijski sustav mineralnih sirovina Republike Hrvatske*. URL: http://www.hgi-cgs.hr/pdf/KMS_NEUM_2008_KRUK2.pdf (datum pristupanja: 28.7.2014.).

HRŽENJAK, P., 2015. *OptiMine*. Programski sustav. URL: <http://161.53.60.5/optimine> (datum pristupanja: 29.8.2015.).

ISRM, 1978. *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science & Geomechanics Abstracts, 15 (6), p. 319-368.

KERNER, F., 1903. *Gliederung der spalatiner flysch formation*. Wien: Verh. geol. R. A.

KRSNIK, J., 1989. *Miniranje*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N., BOROVIĆ, I., 1971. *Osnovna geološka karta SFRJ*, M 1:100.000, list Split K 33-21. Zagreb: Institut za geološka istraživanja.

MARJANAC, T., 1985. *Composition and origin of the megabed containing huge clasts (Flyschformation, MiddleDalmatia, Yugoslavia)*. Abstracts 6. Eur. Reg. Mtg. Sed. I.A.S. Lleida, 270 – 273.

MATIJEVIĆ, H., 2004. *Modeliranje podataka katastra*. Magistarski rad. Zagreb: Geodetski fakultet.

NAVRATIL, D., HRŽENJAK, P., 2009. *Elaborat o geomehaničkim uvjetima eksploatacije na području eksploatacijskog polja "Sv. Juraj – Sv. Kajo"*. Zagreb: Arhiv Hrvatskog geološkog instituta, 11/09.

NN 16/07 i 124/10. *Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina*. Zagreb: Narodne Novine d.d.

NN 48/92. *Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi*. Zagreb: Narodne Novine d.d.

NN 56/13. *Zakon o rudarstvu*. Zagreb: Narodne Novine d.d.

NN 150/11. *Zakon o sustavu državne uprave*. Zagreb: Narodne Novine d.d.

NUIĆ, J., ŽIVKOVIĆ, S., GALIĆ, I., 2003. *Uvod u rudarstvo – Interna skripta*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

PENCINGER, V., OŽANIĆ, M., CRNOGAJ, S., DEDIĆ, Ž., JURIĆ, A., 2009. *Elaborat o rezervama mineralnih sirovina za proizvodnju cementa na eksploatacijskom polju „Sv. Juraj – Sv. Kajo“ – obnova*. Zagreb: Hrvatski Geološki Institut.

STANČIĆ, B., 2013. *Modeliranje arhivskih prostorno – vremenskih podataka katastra u suvremenom tehnološkom okruženju*. Doktorski rad. Zagreb: Geodetski fakultet.

ŠUMANOVAC, F., 2007. *Geofizička istraživanja podzemnih voda*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

TOMAŠEVIĆ, A., KOLONJA, LJ., OBRADOVIĆ, I., STANKOVIĆ, R., KITANOVIĆ, O., 2012: *Razvoj ArcGIS geobaze površinskog kopa korišćenjem UML CASE alata*. Podzemni radovi 20 (2012), Beograd: Rudarsko-geološki fakultet, str. 29-38.

VARGA, M., 1994. *Baze podataka: konceptualno, logičko i fizičko modeliranje podataka*. Zagreb: Društvo za razvoj informatičke pismenosti.

VUJEC, S., 1989. *Glavni rudarski projekt površinskog kopa „Prvoborac“*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet, OOUR Institut za rudarstvo, geotehniku i naftu, Zavod za rudarstvo i geotehniku.

ZEILER, M., MURPHY, J., 2010. *Modeling Our World: The Esri Guide to Geodatabase Concept – 2nd editio.*, Redlands: Esri press.

ŽIVKOVIĆ, S. A., 2004. *Glavni rudarski projekt eksploatacije sirovine za proizvodnju cementa na eksploatacijskom polju „Sv. Juraj – Sv. Kajo“*. Zagreb: Rudist d.o.o.

PRILOZI

Prilog 1. Implementacijski model općih podataka

Projects		
PK	<u>ProjectID</u>	ID broj projekta
FK1	ProjectName	Naziv projekta
	ParticipantID	ID broj odgovorne osobe
	Description	Opis projekta



ProjectParticipants		
PK	<u>ParticipantID</u>	ID broj odgovorne osobe
	Title	Titula
	Name	Ime i prezime
	Company	Tvrtka
	ZipCode	Poštanski broj
	City	Grad
	Country	Država
	Phone	Tel. Broj
	Email	Email
	ProjectPosition	Položaj na projektu
	WorkDescription	Opis radova

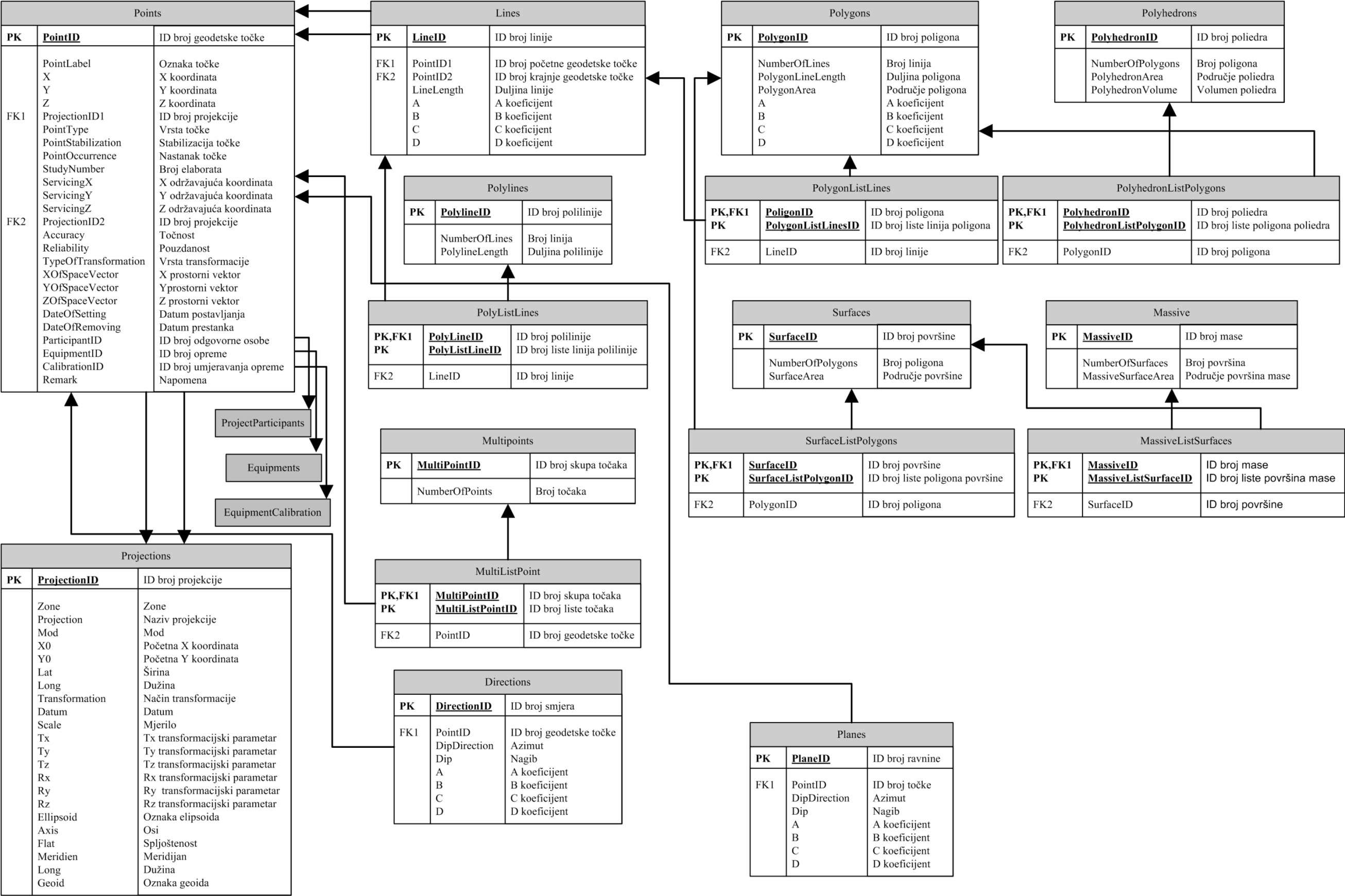
Equipments		
PK	<u>EquipmentID</u>	ID broj opreme
	TypeOfEquipment	Vrsta opreme
	SerialNumber	Serijski broj
	Producer	Proizvođač
	Year	Godina proizvodnje
	Remark	Napomena



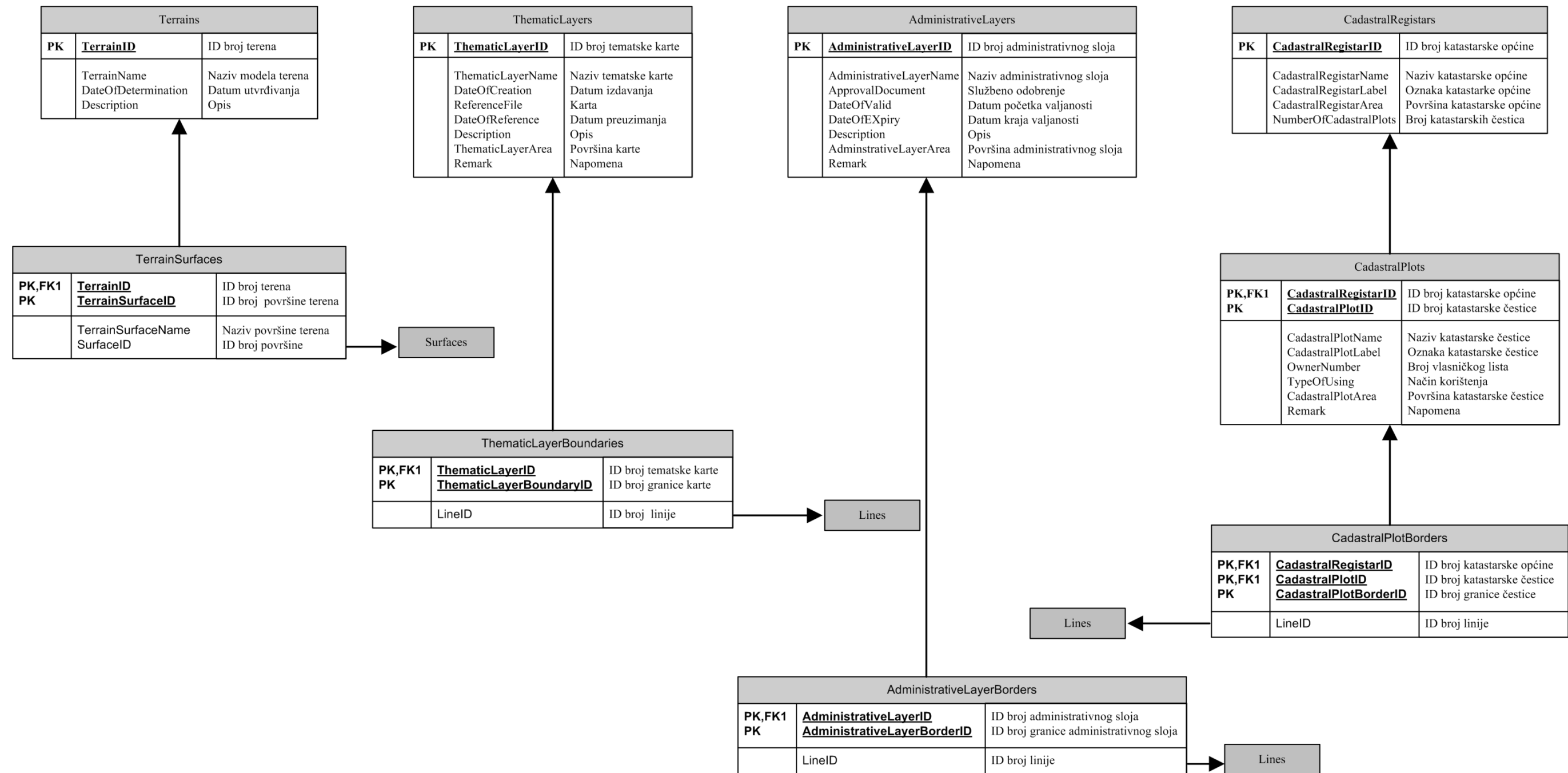
EquipmentCalibrations		
PK,FK1 PK	<u>EquipmentID</u> <u>CalibrationID</u>	ID broj opreme ID broj umjeravanja opreme
	DateOfCalibration	Datum kalibracije
	CertificateNumber	Broj certifikata
	Company	Tvrtka
	ListOfConstants	Popis konstantnih veličina
	CorrectionCode	Korekcijski zapis
	Remark	Napomena

Explosives		
PK	<u>ExplosiveID</u>	ID broj eksploziva
	TypeOfExplosive	Vrsta eksploziva
	Density	Gustoća
	DetonationVelocity	Brzina detonacije
	DetonationEnergy	Energija detonacije
	WaterResistant	Otpornost na vodu
	EnergyOfInitiation	Energija paljenja
	Producer	Proizvođač
	Remark	Napomena

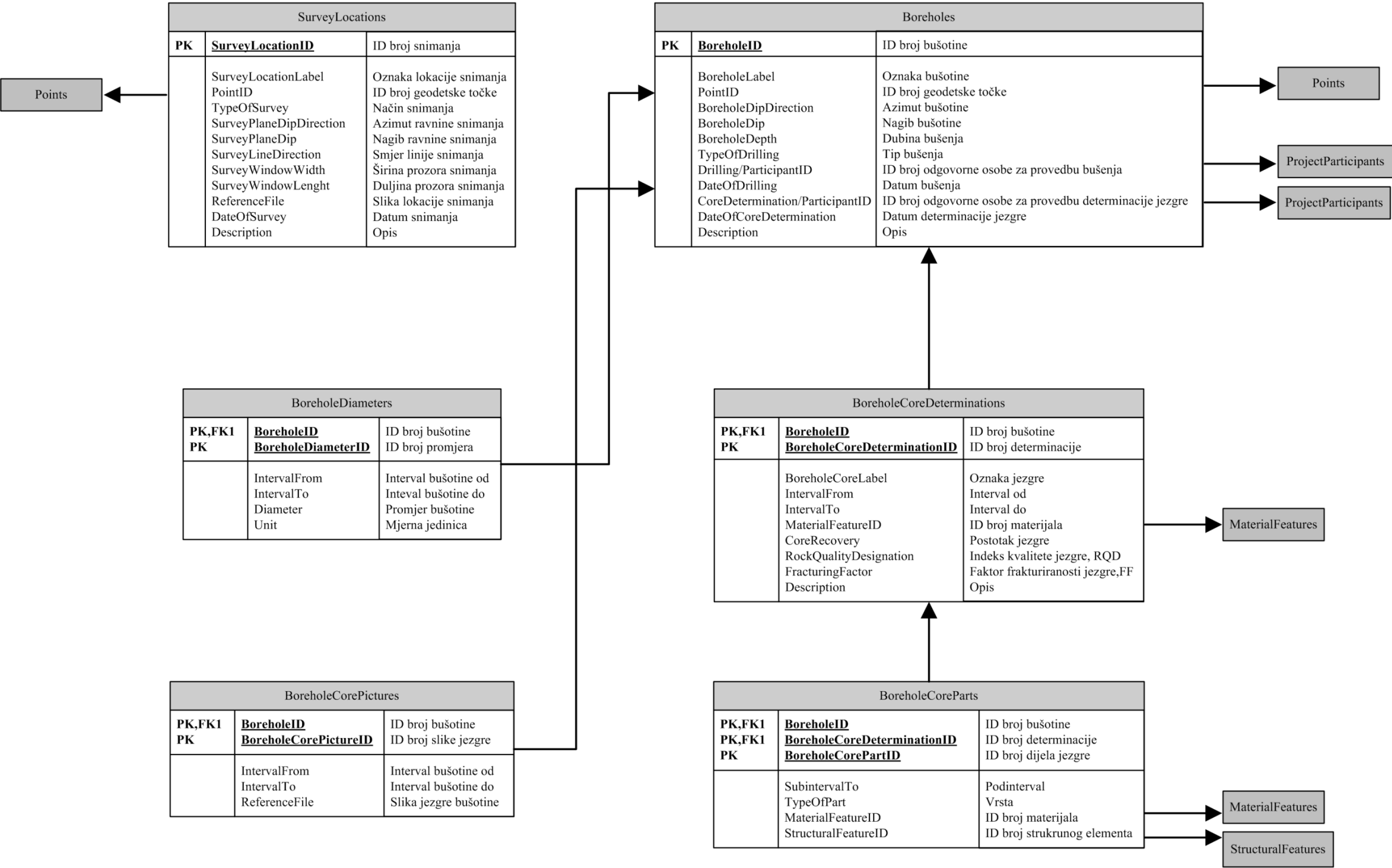
Prilog 2. Implementacijski model geometrijskih podataka



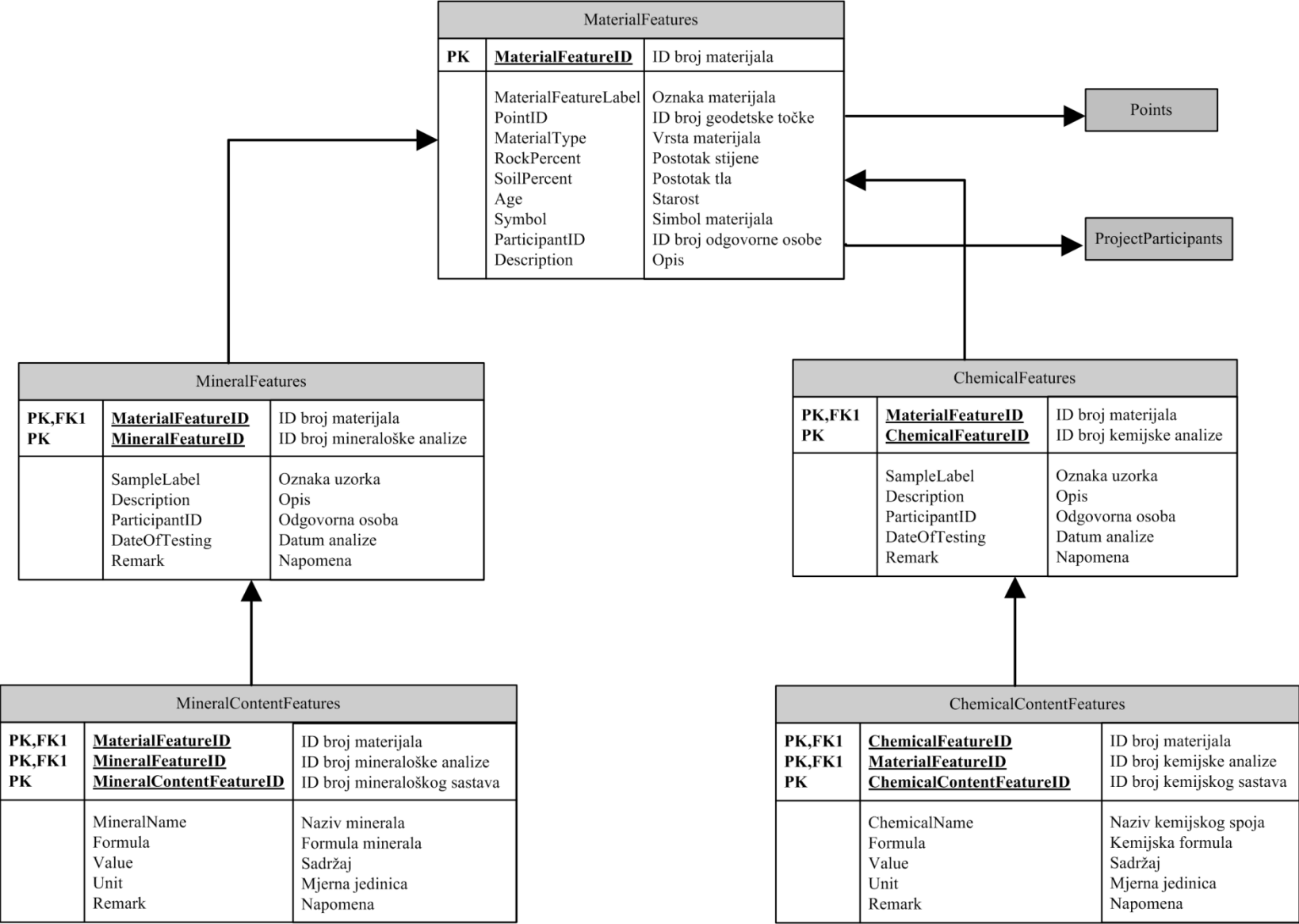
Prilog 3. Implementacijski model podataka o lokaciji zahvata



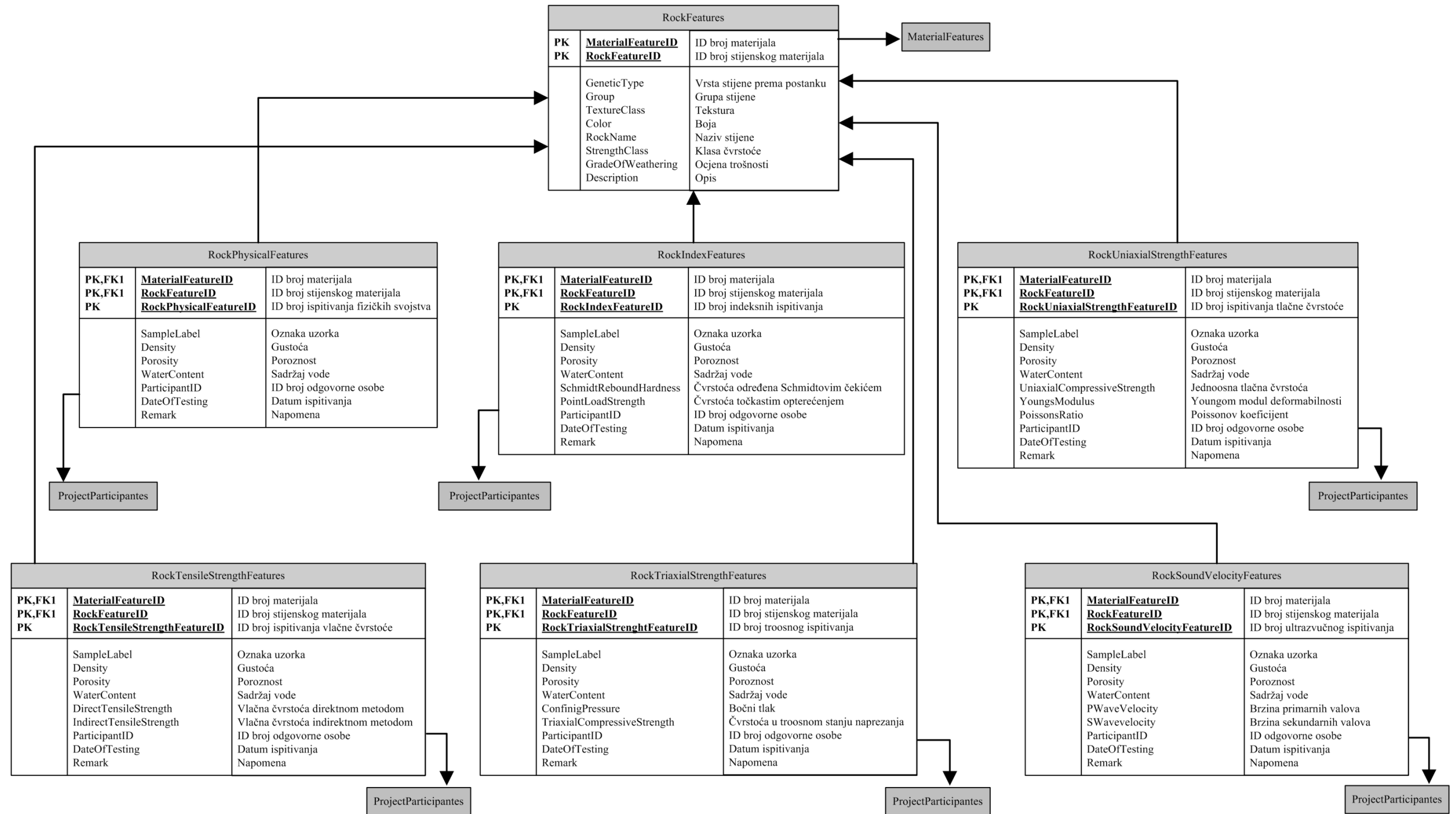
Prilog 4. Implementacijski model istražnih radova



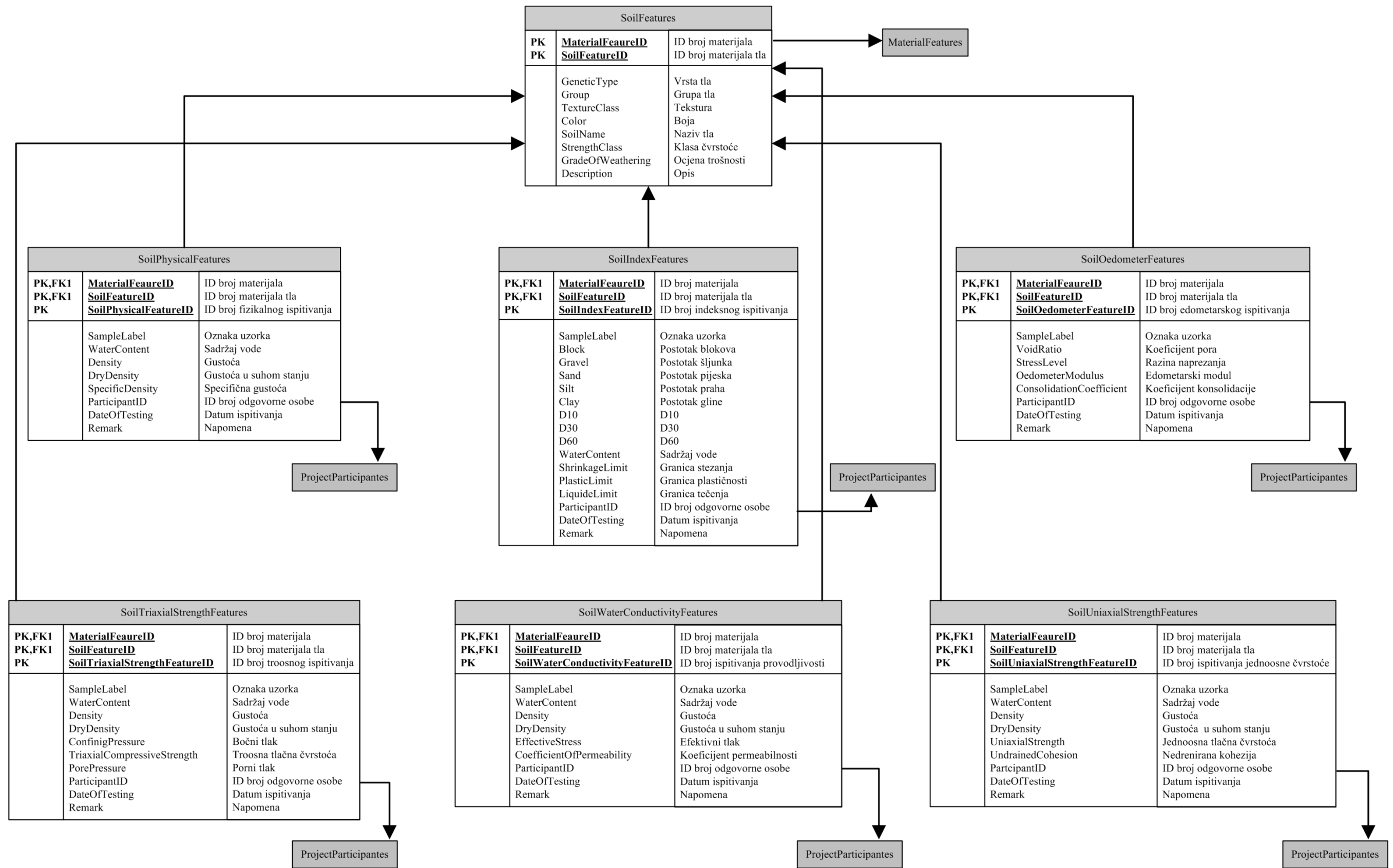
Prilog 5. Implementacijski model materijala i laboratorijskih analiza



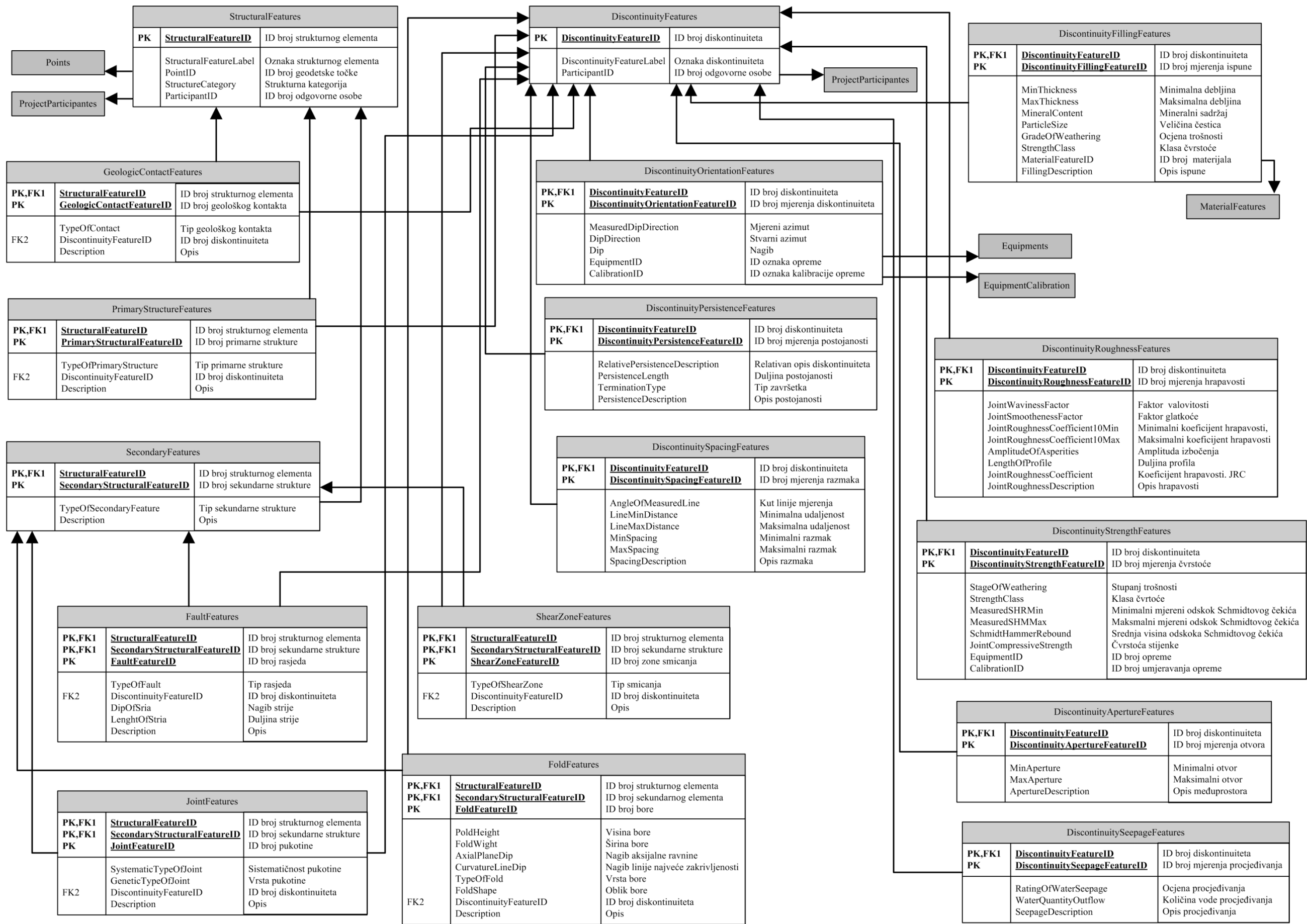
Prilog 6. Implementacijski model podataka za opis stijenskog materijala



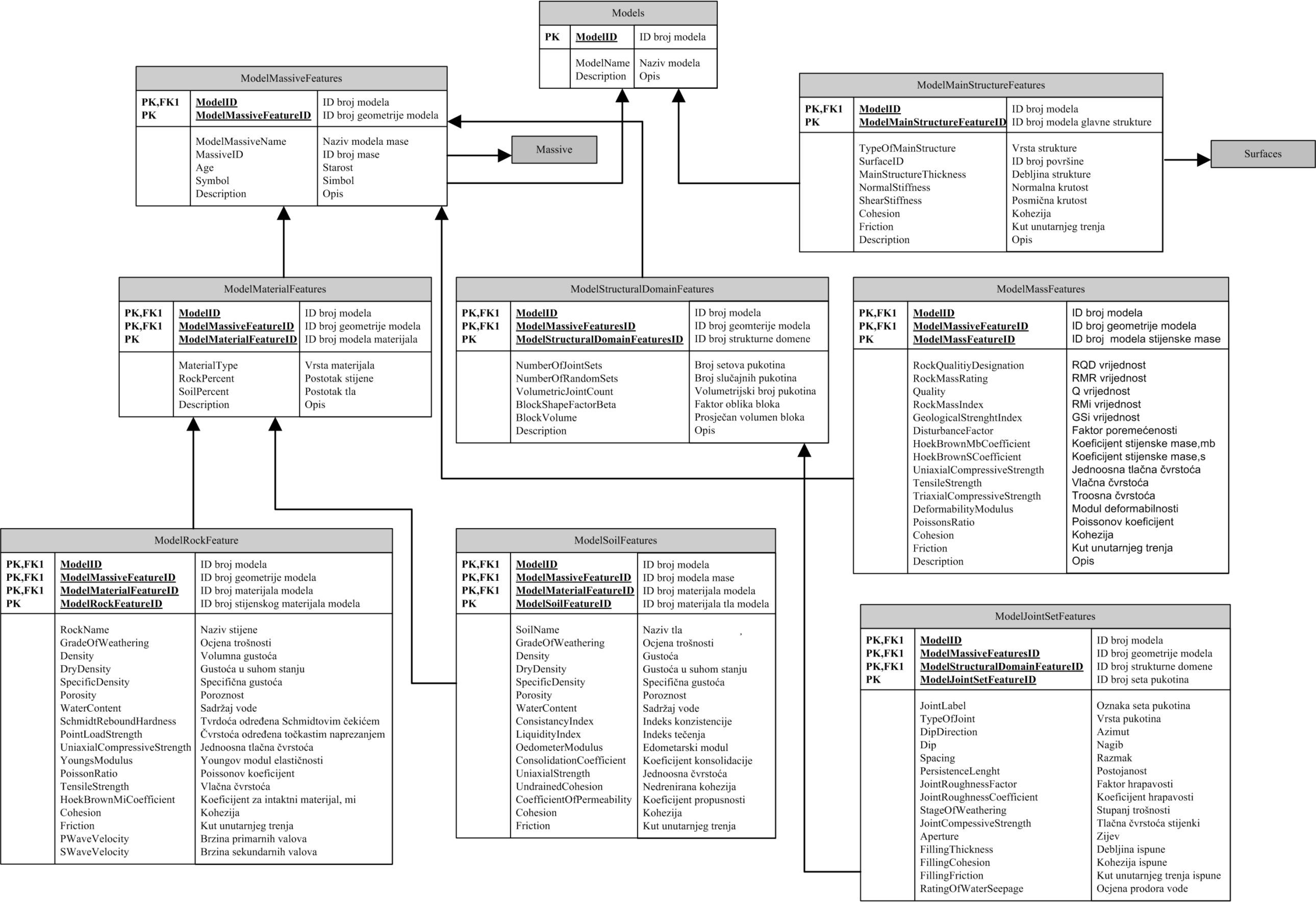
Prilog 7. Implementacijski model podataka za opis tla



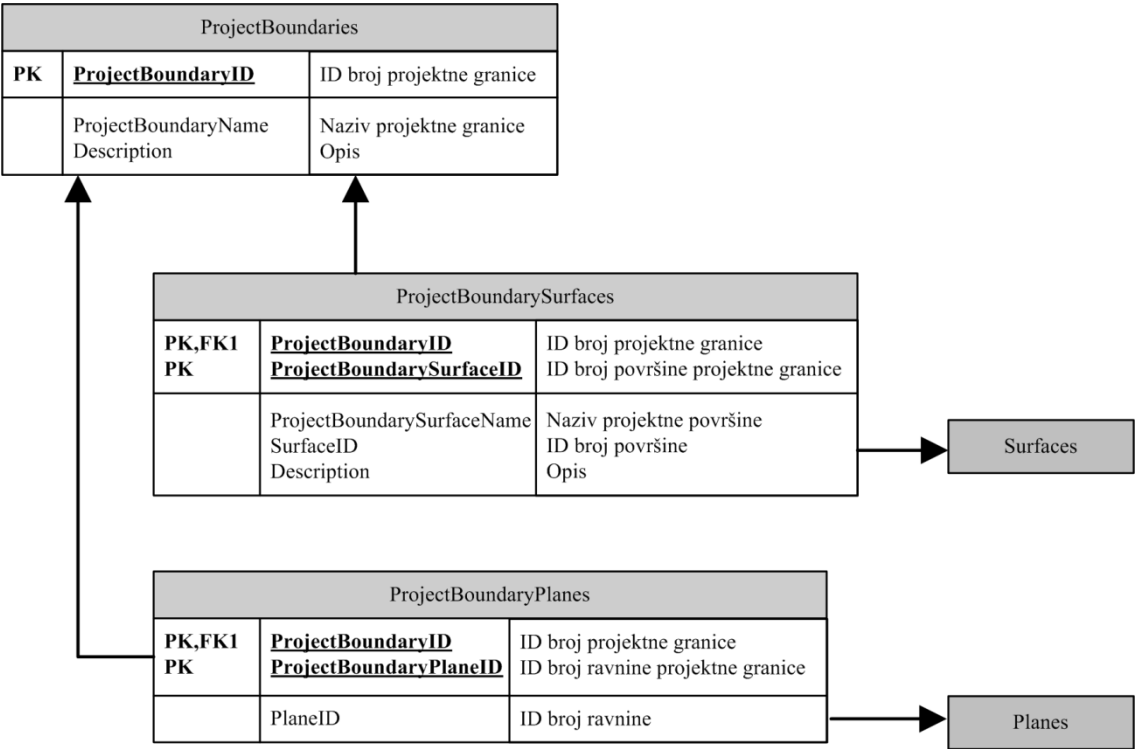
Prilog 8. Implementacijski model strukturnih elemenata



Prilog 9. Implementacijski model geotehničkih modela



Prilog 10. Implementacijski model projektiranih etaža i etažnih kosina



Prilog 11. Implementacijski model podataka otkopavanja i monitoringa

